

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra částí a mechanismů strojů

Regál pro uskladnění palet

Storage Rack for Pallets

Student:

Tomáš Vrána

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Šárka Hurníková, Ph.D.

Ostrava 2009

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 15.května 2009

.....

Tomáš Vrána

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím, s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 15.května 2009

.....

Tomáš Vrána
Tyršova 615
783 91 Uničov

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VRÁNA, T. Regál pro uskladnění palet. Ostrava: Katedra částí a mechanismů strojů, Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2009, 49s. Bakalářská práce, vedoucí Hurníková,Š.

Bakalářská práce se zabývá způsoby uskladnění palet v regálech. V úvodu jsou navrženy čtyři varianty řešení konstrukce regálu. Na základě srovnání výhod a nevýhod navrhovaných řešení je vybrána nejvýhodnější varianta.

Po výběru konstrukčních prvků jsou tyto prvky nadimenzovány a zkontrolovány. V návaznosti na výpočtovou část je nakreslen vlastní sestavný výkres regálové jednotky a proveden ekonomický rozbor projektu. Výsledkem práce je kompletní návrh univerzálního regálu pro uskladnění palet.

ANNOTATION OF THESIS

VRÁNA,T. Storage Rack for Pallets. Ostrava: Department of Machine Parts and Mechanisms, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2009, 49p. Thesis, head: Hurníková, Š.

The aim of my thesis is to compare different methods of pallet storage in shelving units.

The opening part of the thesis describes four different types of shelving unit constructions.

By comparing the advantages and disadvantages of these options, the most suitable option is selected.

Following the selection of the construction components, these components are measured and checked. After the measuring part, the actual technical drawing of the shelving unit is made and an economical analysis of the project is carried out. The outcome of my thesis is a complex proposal for a universal pallet storage shelving unit.

Obsah bakalářské práce

Seznam použitého značení	9
1 Úvod	10
2 Přehled uskladnění palet	10
2.1 Manipulace s materiálem, jeho skladování a paletizace	10
2.2 Uskladnění palet	12
2.2.1 Definice a rozdělení regálů	13
2.2.2 Paletové regálové systémy	14
3 Návrh konstrukčních variant regálu	15
3.1 Seznámení s firmou a analýza současného stavu	15
3.2 Konstrukční varianty částí regálu	19
3.2.1 1.varianta	19
3.2.2 2.varianta	20
3.2.3 3.varianta	21
3.2.4 4.varianta	22
3.3 Ustavení regálu v místnosti	23
3.4 Návrh stojanu	23
3.5 Zajištění nastavitelné výšky	24
3.6 Výběr varianty	27
4 Konstrukční návrh a výpočty	28
4.1 Výpočet potřebné výšky mezi policemi	28
4.2 Návrh nosného U profilu - profil pod paletou	29
4.3 Návrh ramene	31
4.3.1 Návrh U profilu	31
4.3.2 Návrh a kontrola svaru	33
4.4 Návrh šroubového spoje	37
4.5 Kontrola stojanu	41

4.5.1	Kontrola H profilu (sloupek)	41
4.5.2	Návrh profilu I (noha)	42
4.5.3	Návrh a kontrola svaru	43
4.6	Návrh nosného I profilu	45
4.7	Ekonomický propočet nákladů	46
5	Závěr	46
6	Použitá literatura a elektronické dokumenty	47
7	Seznam obrázků	48
8	Seznam příloh	49
9	Seznam tabulek	49

Seznam použitého značení

F	Síla	[N]
J	Moment setrvačnosti průřezu	[mm ⁴]
M_k	Kroutící moment	[N.m]
M_o	Ohybový moment	[N.m]
P_h	Stoupání závitu	[mm]
Q	Tíhová síla	[N]
Re	Mez kluzu zvoleného materiálu	[MPa]
R_m	Mez pevnosti zvoleného materiálu	[MPa]
S	Plocha	[mm ²]
S_{min}	Minimální tloušťka stěny	[mm]
W_k	Modul odporu průřezu v krutu	[mm ³]
W_o	Modul odporu průřezu v ohybu	[mm ³]
a	Velikost svaru	[mm]
b, l	Rozměry palety	[mm]
d	Průměr	[mm]
f	Součinitel tření	[-]
g	Gravitační zrychlení	[m/s ⁻²]
h	Výškový rozměr	[mm]
i	Počet šroubů	[-]
k	Koeficient bezpečnosti	[-]
k_3	Převodní součinitel dle ČSN 05 0120	[-]
m	Hmotnost	[kg]
r	Vzdálenost nejzažšího bodu od těžiště	[mm]
β	Koeficient přídatného krutu	[-]
γ	Úhel stoupání závitu	[°]
ρ	Hustota	[kg/m ³]
σ_{dov}	Dovolené napětí	[MPa]
τ	Smykové napětí	[MPa]
φ	Úhel tření v závitě	[°]

1 Úvod

Bakalářská práce se zabývá možnostmi uskladnění palet v regálech. Řešení problému skladování zboží a materiálu je aktuální snad ve všech firmách. Správné uskladnění může výrazně zefektivnit výrobní proces, navýšit kapacity skladů a tím přispět k jejich dalšímu rozvoji.

Hlavním tématem práce je konstrukční návrh regálu na uskladnění atypických palet s materiálem dle zadaných požadavků společnosti Callidus trading, spol. s r.o. z Ostravy. V práci jsou uvedeny základní druhy regálů a jejich použití ve skladech. Je navrženo několik variant řešení konstrukce regálů a porovnány jejich výhody a nevýhody. Také je zmíněno, co je rozhodující při návrhu regálu. Jsou popsány druhy uchycení jednotlivých částí regálu a dimenzovány jejich rozměry. Při návrhu je zohledněna snadná montáž dílů, bezpečnost, co největší životnost a univerzálnost regálu a také finanční náročnost provedení dané varianty. Cílem mé práce je výběr nejvhodnější varianty a vytvoření návrhu konstrukce regálu, včetně technické dokumentace.

2 Přehled uskladnění palet

Tato kapitola se zabývá začleněním manipulace s materiálem do výrobního procesu. Je zde obecně zmíněno o paletách a regálech a o způsobech uspořádání palet a regálových systémů.

2.1 Manipulace s materiálem, jeho skladování a paletizace

Výrobní proces je činnost, při které se suroviny a materiál postupně mění ve výrobek. Z výrobního procesu připadá podstatná část na manipulaci s materiálem a zejména na jeho skladování. Skladování je organizované ukládání materiálu a výrobků na místě k tomu

určeném. Při skladování je třeba materiál a zboží chránit, nesprávná manipulace a skladování může způsobit jeho ztrátu nebo poškození [1].

Jednou z nejrozšířenějších manipulačních a skladovacích metod je paletizace. Materiál trvale spočívá na paletě, s níž se zároveň přepravuje a skladuje. Proto je paleta přizpůsobena tak, že pod ni mohou zajet vidlice zdvižného vozíku nebo stohovacího jeřábu. Je určena pro manipulaci, dopravu, distribuci a skladování téměř všech produktů.

Základní termíny vztahující se k paletám určeným pro manipulaci s materiálem definuje norma ČSN ISO 445 (26 9006). „Podle této normy je paleta pevná horizontální plošina s minimální výškou vhodnou pro manipulaci vidlicovým nízkozdvižným vozíkem nebo vidlicovým vysoko zdvižným vozíkem nebo jiným vhodným manipulačním zařízením, používaná jako základna pro kompletaci, stohování, skladování, manipulaci a přepravu zboží a nákladů“ [2].

Palety můžeme rozdělit do několika skupin podle:

- konstrukčního provedení – prosté, ohradové, skříňové, sloupkové
- druhu materiálu, ze kterého jsou vyrobeny - dřevěné, kovové, z plastických hmot, lepenkové a kombinované z předchozích materiálů
- rozměrů – standardní rozměry, atypické
- způsobu použití – vratné a nevratné [1].

Vzhledem k používaným paletám ve firmě Callidus trading je nadále zmiňována jen paleta prostá dřevěná. Tyto palety jsou určeny k opětovnému ložení baleného i nebaleného materiálu. Nejsou určeny pro suvnou manipulaci, ale pouze pro manipulaci za pomoci vidlicových manipulačních prostředků. Možnost nabírání je ze dvou nebo ze čtyř stran. Slouží pro ukládání do regálů a jejich povrch musí být upraven tak, aby nedošlo k poškození loženého materiálu. Materiál ukládaný na palety nesmí překročit její maximální nosnost, musí být na paletě rovnoměrně rozložen a nesmí přesahovat okraje palety ani nesmí zasahovat do nabíracích otvorů.

Hlavní částí palety prosté dřevěné je její ložná a opěrná plocha. Je to plochý, vodorovný povrch s mezerami nebo bez mezer, nebo s celistvým povrchem, který slouží pro ložení materiálu a rozložení zatížení. Sloupky pod ložnou podlahou, nebo mezi ložnou a opěrnou podlahou vytvářející nabírací otvor, jsou špalíky. Vodorovné prvky spojující špalíky a přířezy podlahy se nazývají svlaky. Základními technickými parametry u palet jsou základní rozměry, nosnost a stohovací nosnost.

Základní rozměry palet:

- délka palety - rozměr palety ve směru podélných nosníků nebo svlaků
- šířka palety - rozměr ložné plochy palety kolmý k délce
- výška palety - celkový rozměr palety kolmý k rovině [2].

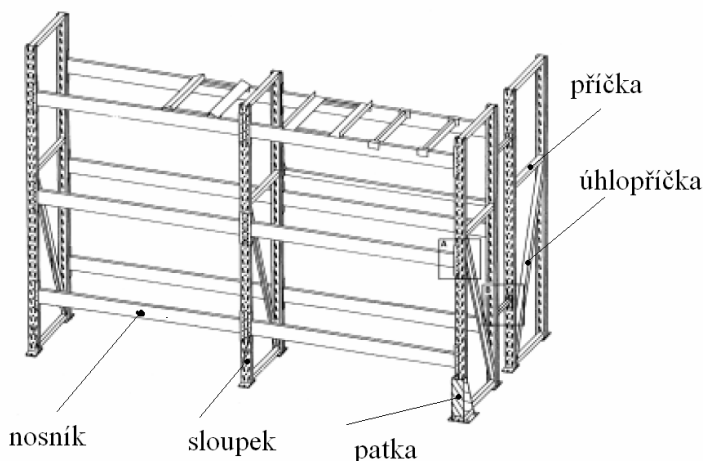
Atypické palety svými rozměry, vlastnostmi, provedením, kvalitou i cenou odpovídají účelu použití. Jsou vyráběny firmami na základě konkrétní specifikace od zákazníků.

2.2 Uskladnění palet

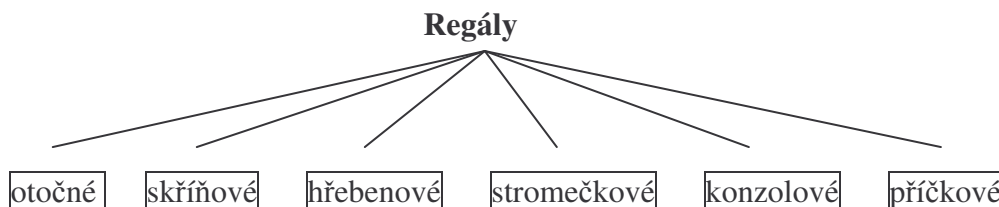
Organizace a technika paletizace ve skladech závisí na několika činitelích. Jsou to druh skladovaného materiálu, druh použitých palet, způsob ukládání, používané mechanizační prostředky, rozměry, dispozice skladu aj. Palety mohou být uskladněny volně bez regálů na zemi a mohou se stohovat do maximální povolené výše. Volně lze palety skladovat několika způsoby – přímé ukládání v řadách, blokové nebo pod určitým úhlem. Volné skladování stohovaných palet má však své nevýhody. Při potřebě odebrání palet umístěných uprostřed stohu je nutná neustálá manipulace s vrchními paletami. Hlavní nevýhodou je však velké množství potřebné plochy k uskladnění materiálu a zboží. Z důvodu snížení požadavků na skladovací plochy začaly být používány paletové regály, které umožňují uskladnit palety se zbožím do více horizontálních úrovní [1].

2.2.1 Definice a rozdělení regálů

Regály jsou nejrozšířenějším zařízením pro skladování. Základní názvy včetně definic a rozdělení regálů stanoví ČSN 26 9505 – Regály. Tato norma definuje „regál jako vícepodlažní zařízení pro uložení zásob (materiálu), umožňující jejich odebírání z kteréhokoliv podlaží“ [3].



Obr. 1 Prvky regálové konstrukce [4]



Otočný regál – jeho podlaží se dají otočit podle svislé osy regálového sloupce.

Skříňový regál – boční stěny jsou kryté, může být příčkový nebo zásuvkový. Je určený k ukládání různých drobných materiálů o malém množství.

Hřebenový regál – skládá se z rámců, jejichž příčky vytvářejí nosníky pro ukládání tyčového materiálu, které se mohou sklápět.

Stromečkový regál – je to regál s vetknutými nosníky pro ukládání tyčového nebo i jiného materiálu. Může být jednostranný a dvoustranný.

Konzolový regál – jeho nosníky vytvářejí protilehlé podpěry pro ukládání materiálu po hloubce regálu. Může být jednořadý nebo dvouřadý, blokový průjezdný nebo neprůjezdný.

Příčkový regál – nosníky vytvářejí podpěry pro ukládání materiálu po délce regálu [3].

2.2.2 Paletové regálové systémy

Paletové regály představují systém, který umožňuje hospodárné řešení pro různé druhy skladových celků. Slouží zejména k ukládání palet různých velikostí a zatížení. Je možné na ně ukládat i jiné zboží. V současné době se vyrábí velké množství typů paletových regálů. Většinou však nejsou regály od různých výrobců navzájem kompatibilní a bohužel je není možné kombinovat s výrobky jiných výrobců. V této práci jsou uvedeny 3 firmy, které se zabývají dodavatelskou činností v oblasti komplexních dodávek regálových systémů pro skladové prostory a mají zajímavě zpracované nabídky na internetu.

1. PROMAN s.r.o. Chrudim – tato firma patří mezi nejvýznamnější dodavatele regálových systémů. Stavebnicový a jednoduchý způsob konstrukce regálů umožňuje vysokou variabilitu jak pro malé sklady, tak i pro velké skladové systémy. Firma nabízí komplexní řešení v návaznosti na celý systém, optimální návrh, dodávku, montáž a předání zákazníkovi.

http://www.proman.cz/kestazeni/cz/paletove_regaly.pdf

2. BEG BOHEMIA s.r.o. Brno – poskytuje širokou nabídku skladovacích technik, skladových paletových a policových regálů, mobilních a stacionárních regálů a patrových regálových galerií. U této firmy je zajímavě řešeno provedení konzolových regálů.

<http://www.beg-regaly.cz/prospekty/konzolove.pdf>

3. MANUTAN s.r.o. Ostrava - dodává ucelený sortiment vybavení pro kanceláře, dílny sklady.

http://www.manutan.cz/regaly_c_Main1798.html

Regály a skladovací technika podléhají povinnosti pravidelných kontrol a prohlídek podle ČSN 26 9030 v cyklu 12 měsíců. Součástí kontroly je zejména kontrola spojů, stability, svislosti a vodorovnosti, kontrola značení a technických parametrů a také kontrola užívání.

3 Návrh konstrukčních variant regálu

V této kapitole je zmíněna analýza současného stavu uskladnění plastových desek ve firmě Callidus trading, spol. s r.o. Jsou navrženy konkrétní varianty řešení konstrukce regálu s jejich výhodami a nevýhodami. Na základě posouzení těchto variant a po konzultaci s pracovníkem firmy je v závěru vybrána konkrétní varianta, která bude dále v bakalářské práci rozpracována.

3.1 Seznámení s firmou a analýza současného stavu

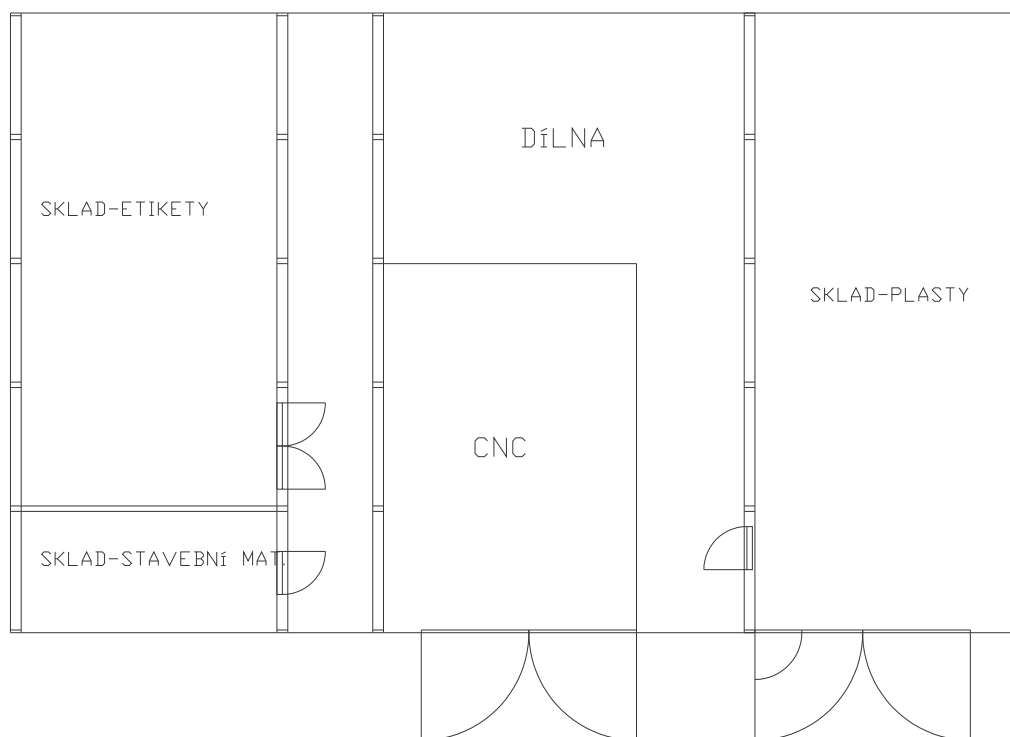
Firma Callidus trading, spol. s r.o. má sídlo v Ostravě – Muglinově. Zabývá se výrobou zabezpečovacích zařízení a patří mezi největší výrobce a dodavatele systémů elektronické ochrany zboží.

V bakalářské práci bude řešena konstrukce regálu pro uskladnění palet. Regál bude společnosti Callidus trading sloužit k uskladnění palet, na nichž jsou uloženy plastové desky určené k dalšímu zpracování (výrobě bezpečnostních rámců). V současné době jsou palety uloženy na podkladové ploše unimobuňky. V návrhu konstrukčního řešení regálu musí být respektovány především následující podmínky - rozměry palet, max. výška regálu 2000 mm, hmotnost jedné palety maximálně 500kg, možnost uložení palety pomocí ručního vysokozdvizného vozíku, paletová místa s volitelnou výškou, možnost postavení až tří palet vedle sebe. Konstrukce by měla být co nejjednodušší a výrobní náklady nesmí překročit 15 tisíc korun. Firma bude regál případně využívat i pro jiné účely, než je uskladnění palet s materiálem.

Důležitým aspektem návrhu regálu je jeho vlastní umístění v unimobuňce. Je nutné přihlídnout jak k vlastním rozměrům unimobuňky, tak k její nosné konstrukci a výšce místnosti. Nosná konstrukce unimobuňky je tvořena I profily svařenými a umístěnými dle obrázku. Tato konstrukce spočívá na betonových blocích uložených v zemině. Podrobné schéma a rozměry unimobuňky jsou uvedeny v příloze číslo 1.

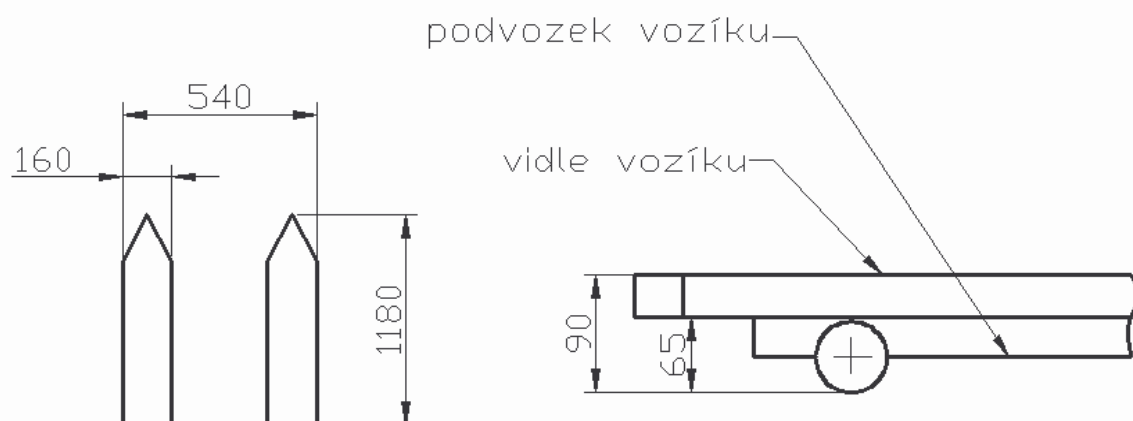


Obr. 2 Fotodokumentace místnosti a palet s materiálem



Obr. 3 Schéma unimobuňky

Palety se budou na regál uskládnovat pomocí vysokozdvížného vozíku vlastní výroby firmy Callidus trading, spol. s r.o. Důležitá je maximální zdvihová výška a rozteč nabíracích ližin.

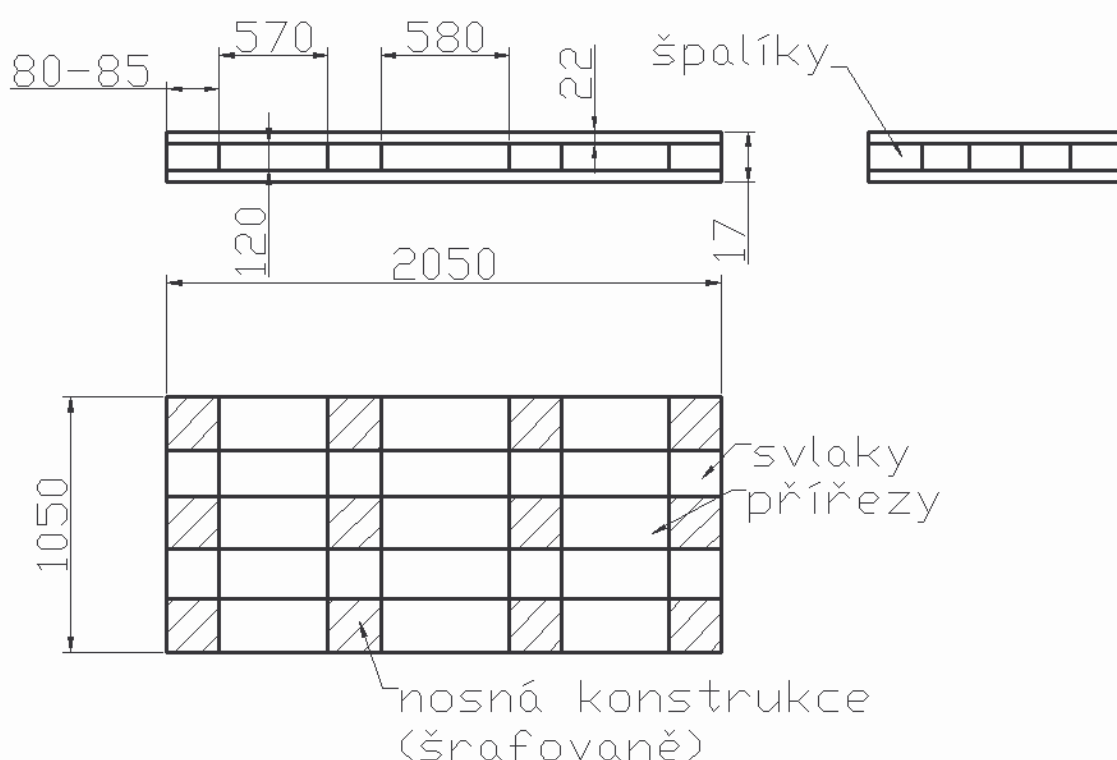


Obr. 4 Nákres vozíku



Obr. 5 Fotografie používaného vozíku

Ve firmě jsou na uskladnění plastových desek používány vratné atypické dřevěné palety o rozměrech 2050 x 1050 mm. Palety jsou dodávány spolu s plastovými deskami. Ložná plocha palety je zhotovena ze 3 přířezů s mezerami, jež jsou uchyceny na svlaky a špalíky dle nákresu. Paleta umožňuje zasunutí vidlí vozíku ze všech čtyř stran. S přihlédnutím k době uskladnění a tepelné deformaci, způsobené teplem a průhybem palety zatížené 500 kg tohoto materiálu, je nutno palety na regálu podepřít minimálně ve třech bodech. 500 kg materiálu odpovídá 400 mm výšky tohoto materiálu, nejnižší paleta může nést až 1000 kg, to odpovídá 800 mm nákladu.



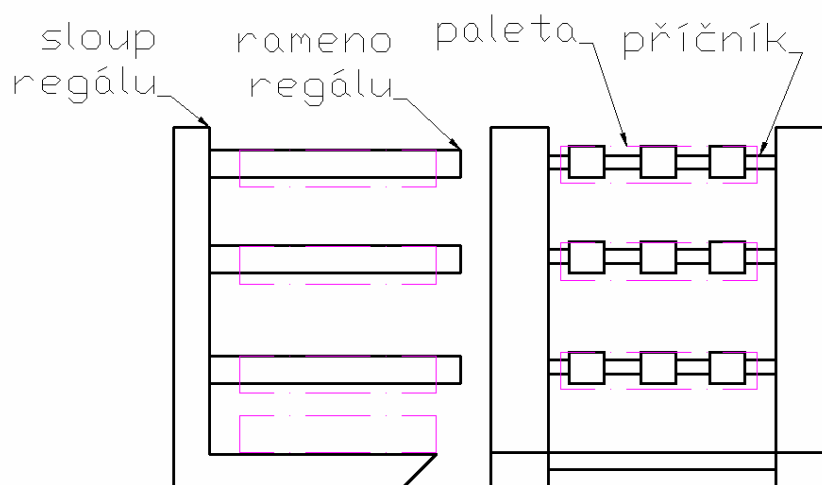
Obr. 6 Nákres firemní palety

Dané rozměry palet byly zjištěny na vzorku tří palet. Jednotlivé rozměry se mohou lišit v rozmezí několika desítek mm. Tato odchylka může vzniknout nepřesností ve výrobě atypické palety a také může být způsobena opotřebením v provozu. Na rozdíl od klasické euro palety má tato atypická paleta desky i ze spodní strany. Proto nemůže ležet přímo na podlaze, ale musí být zvednuta do určité výšky, aby se pod ní mohl zasunout podvozek vozíku.

3.2 Konstrukční varianty částí regálu

Návrhy se zabývají vlastním provedením regálů vhodných pro zadané požadavky firmy Callidus trading. Jsou řešeny návrhy konstrukce, jejich výhody a nevýhody. První dvě varianty jsou moje vlastní návrhy, druhé dvě jsou převzaty od firem.

3.2.1 1.varianta



Obr. 7 Schéma první varianty

Popis:

Mezi dvěma sloupky z normalizovaných profilů, navzájem spojenými svařovanou plochou o nosnosti 1000 kg, jsou nataženy tři příčníky posuvné po sloupcích rámu. Na nich jsou v požadovaných roztečích přišroubována ramena, na kterých bude při provozu ležet požadované břemeno (paleta). Tenká ramena mohou být podepřena proti ohybu vzniklému od materiálu uloženém na paletě.

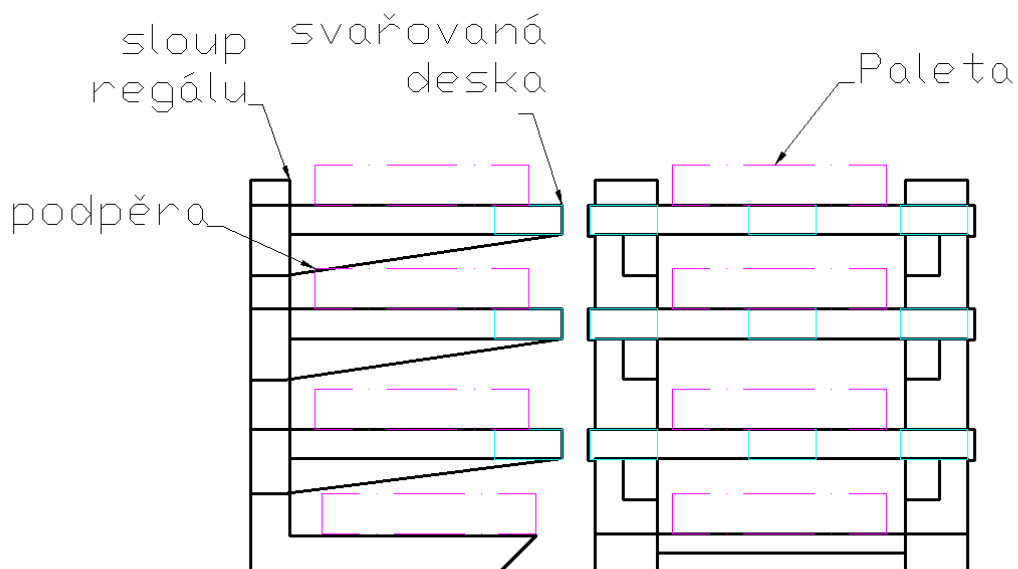
Výhody:

- šetří místo (paleta je podpírána třemi podporami zevnitř)
- lehká a vyvážená konstrukce (těžiště je posunuto blíže ke zdi)
- jednoduchá nastavitelnost výšky.

Nevýhody:

- nákladnější na výrobu (nutnost svařit příčníky)
- složitější uskladňování palet.

3.2.2 2.varianta



Obr. 8 Schéma druhé varianty

Popis:

Mezi dvěma sloupky, dole navzájem spojenými svařovanou plochou o nosnosti 1000 kg, jsou nataženy svařované desky dle nákresu, na nichž bude ležet paleta s materiálem. Desky jsou uloženy na sloupcích regálu s možností nastavení požadované výšky.

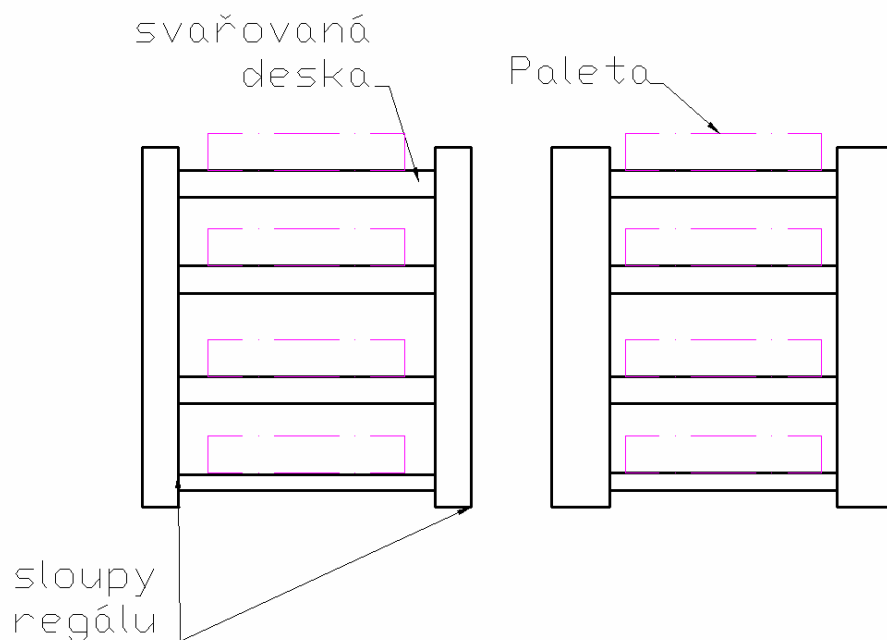
Výhody:

plocha desky brání průhybu palety a tím deformaci materiálu na ní uloženém
možnost podepřít desku podpěrou a tím zmírnit účinky ohybového momentu
jednoduchá, levná konstrukce.

Nevýhody:

posunutí těžiště k patě regálu
obtížnější skladování svařených desek v rozebraném stavu
paleta leží na desce a přidává k výšce materiálu svou šířku (150 mm).

3.2.3 3.varianta



Obr. 9 Schéma třetí varianty

Popis:

Mezi čtyřmi sloupky, dole navzájem spojenými svařovanou plochou o nosnosti 1000 kg a nahoře navařeným profilem, jsou nataženy svařované desky, na nichž bude ležet paleta s materiálem. Desky jsou uloženy na sloupcích regálu s možností nastavení požadované výšky.

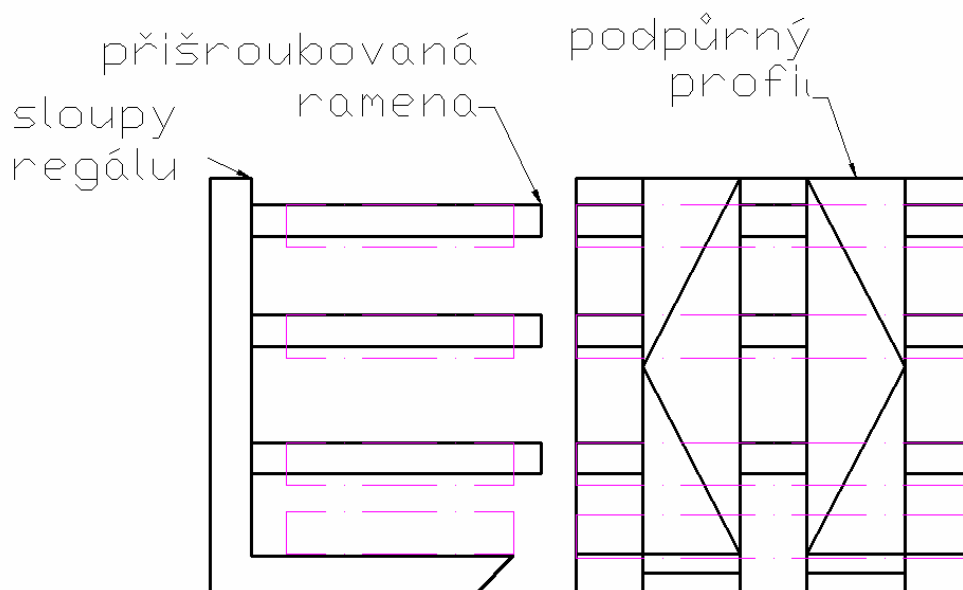
Výhody:

- vyvážená konstrukce (těžiště je uprostřed regálu)
- plocha desky brání průhybu palety a tím deformaci materiálu na ní uloženém
- lepší rozložení tlaku do 4 sloupků
- větší bezpečnost, výška regálu se snadno nastaví zepředu.

Nevýhody:

- obtížnější skladování v rozebraném stavu
- paleta leží na desce a přidává k výšce materiálu svou šířku 150 mm
- těžká konstrukce, ekonomicky značně nákladná
- neuniverzální řešení.

3.2.4 4.varianta



Obr. 10 Schéma čtvrté varianty

Popis:

Obdoba první varianty. Jsou použity tři sloupce, na nichž budou příšroubována jednotlivá ramena. Sloupce budou mezi sebou spojeny pomocí profilů příšroubovaných k jednotlivým sloupkům tak, aby výsledná konstrukce byla skladná.

Výhody:

- šetří místo (paleta je podpírána třemi podporami zevnitř)
- lehká a vyvážená konstrukce (těžiště je posunuto blíže ke zdi)
- snazší uskladnění rozebraného celku.

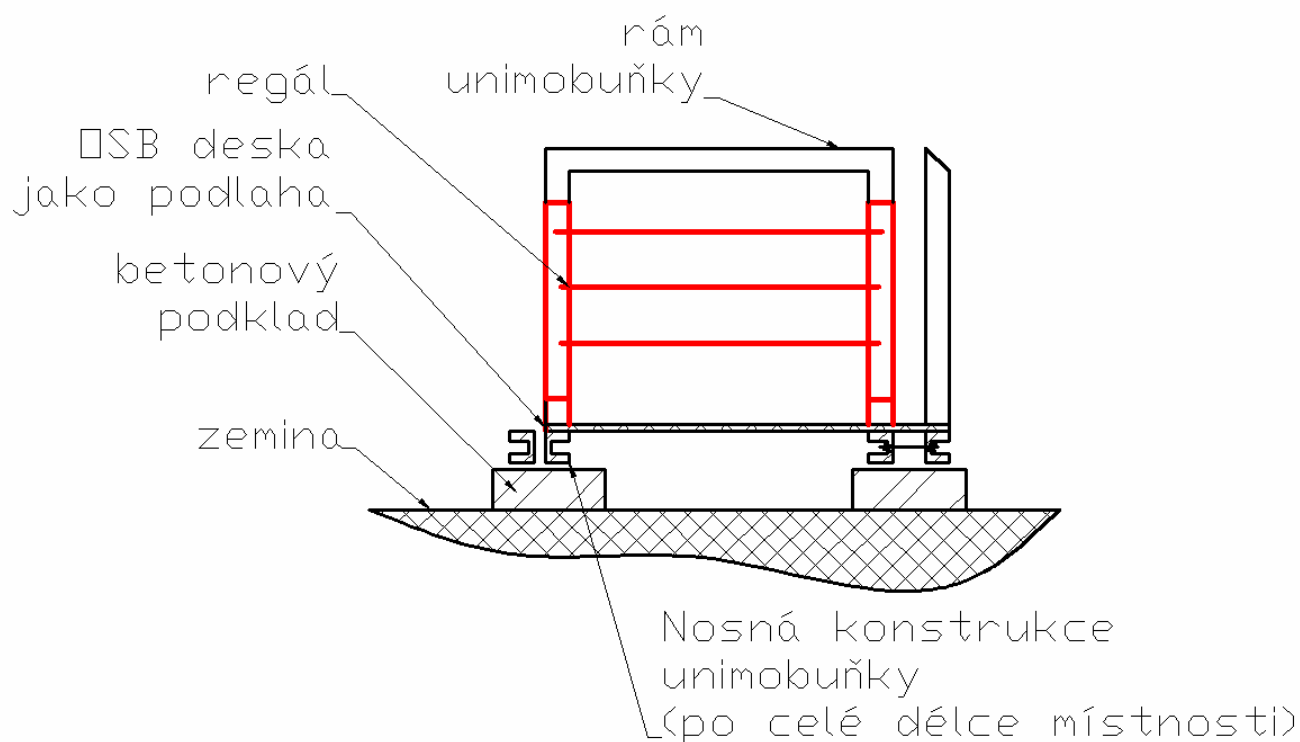
Nevýhody:

- složitější uskladňování palet
- tenká ramena mohou být podepřena proti ohybu vzniklému od materiálu uloženém na paletě
- obtížná nastavitelnost výšky, každé rameno se musí nastavit zvlášť.

3.3 Ustavení regálu v místnosti

Regál může být v místnosti ustaven na podlaze nosné konstrukce unimobuňky a nebo na svařované konstrukci pod unimobuňkou (nutno vybourat podlahu). To by ovšem znamenalo značné zdražení projektu. Proto bude v konstrukčním návrhu nutné dodržet nosnou konstrukci unimobuňky.

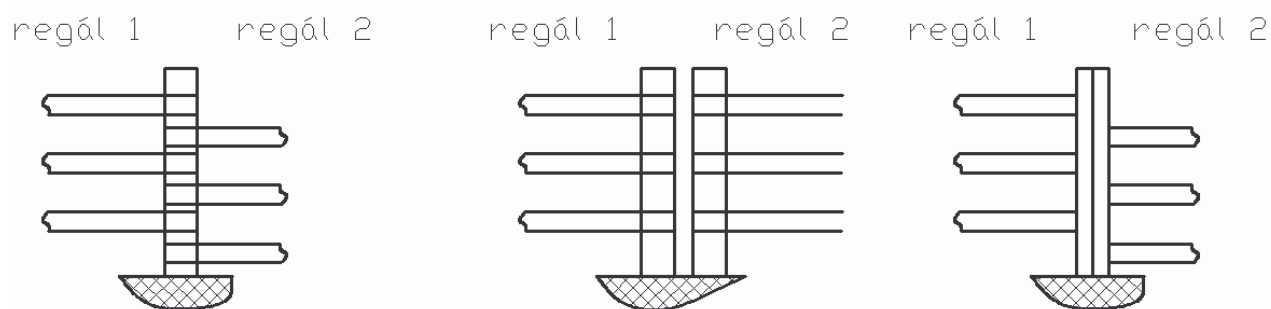
Regál uložený na nosné konstrukci.



Obr. 11 Průřez unimobuňkou

3.4 Návrh stojanu

Stojan by měl být dostatečně pevný, jelikož bude namáhán na tlak a ohyb způsobený hmotností materiálu jak palety, tak i vlastní konstrukcí příčnicku. Měl by umožňovat uchycení ramen popřípadě příčnicku a zajistit jejich nastavitelnou výšku. S ohledem na ustavení až tří regálů vedle sebe bude řešena konstrukce prostředního stojanu. Ta může držet buď desky (příčnicku) od jedné jednotky regálu a nebo od dvou jednotek regálů umístěných vedle sebe. Ty mohou být dále paralelně vedle sebe nebo přesazené.

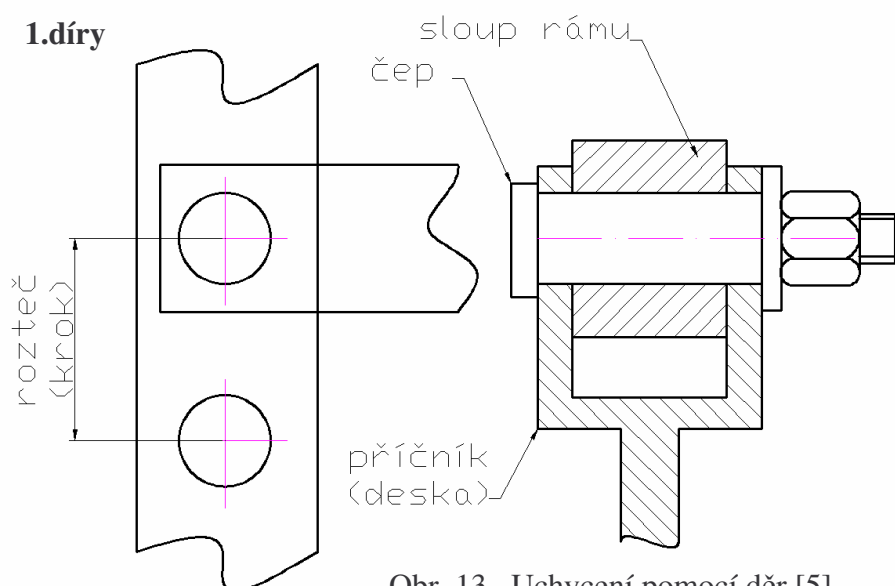


Obr. 12 Schéma variant

Výhodou první a druhé varianty je možnost měnit výšku na každé jednotce regálu nezávisle na sobě. Výhoda poslední varianty je pak v úspoře místa.

3.5 Zajištění nastavitelné výšky

Firma Callidus trading požaduje z důvodu případného využití regálu i pro jiné účely, než je uskladnění palet s materiálem popsáným výše, nosné elementy s nastavitelnou výškou. Jednotlivé způsoby dosažení se liší jak samotnou konstrukcí, tak i možností posouvacího kroku.



Obr. 13 Uchycení pomocí děr [5]

Popis:

V místě uchycení bude k příčníku (desce) přivařena ocelová trubka či profil s otvory na obou stranách pro čep. Stojan bude rovněž provrtán otvory s požadovanou roztečí. Rozteč děr bude představovat krok při posunutí. Daná deska (příčník) se bude dát posouvat pouze v rozmezí tohoto kroku. Po jejím ustavení do požadované polohy se otvorem prostrčí čep a zajistí danou desku (příčník). Čep bude namáhán na smyk, tlak a případný ohyb.

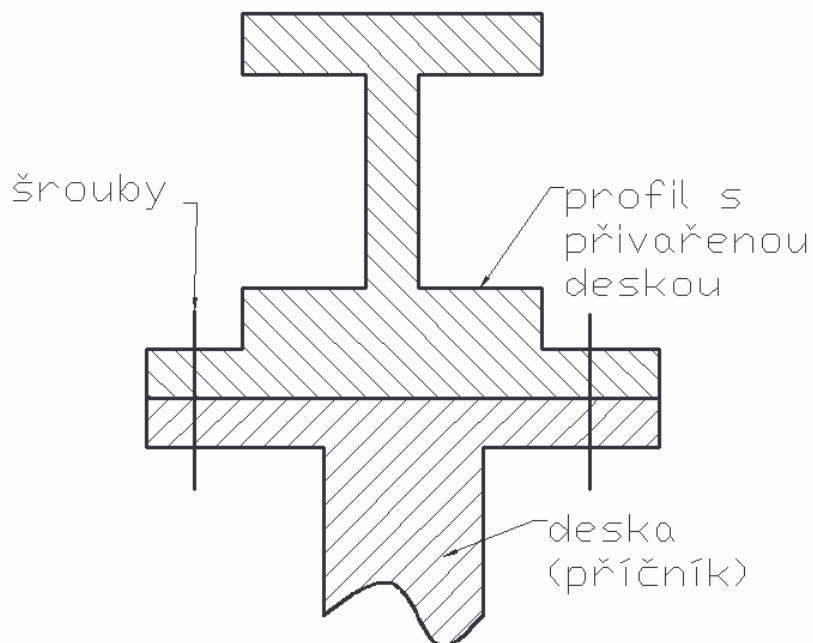
Výhody:

- jednoduché ovládání
- vhodné pro třetí konstrukční variantu
- levné řešení.

Nevýhody:

- díry zeslabují průměr, nutnost vyvrtat díry
- posuv jen v rozmezí roztečí děr
- čepy namáhány ohybovým momentem.

2. přišroubované elementy



Obr. 14 Uchycení pomocí přišroubovaných elementů [6]

Popis:

Na konce ramen je navařena destička, která je přišroubována ke sloupku rámu (nebo k příčníku). Díry pro šrouby jsou v rozmezí kroku (stejně jako u 1. varianty - děr). Nastavení výšky je opět možné pouze v rámci tohoto kroku.

Výhody:

poměrně levné a jednoduché řešení, jednoduchá demontáž
vhodné pro konzolové regály.

Nevýhody:

obtížné ustavení nové výšky - je nutno každé rameno přešroubovat zvlášť
nutnost 3 sloupku nebo příčné desky pro podepření palety.

3. zuby - tvarové spojení



Obr. 15 Uchycení pomocí zubů - tvarové spojení [7]

Popis:

„Rámy jsou tvořeny dvěma speciálními ocelovými profilovými stojinami se stojinovými patkami, které jsou sešroubovány s U-profilu. Stojiny jsou děrovány po 50 mm, což zajišťuje maximální využití skladovací kapacity regálu i při změně skladové jednotky. Nosníky jsou svařovány z lisovaných pásnic a ve stojinách zavěšeny pomocí lisovaných zubů pro jejich snadnou přestavitelnost bez použití náradí. Nechtěnému vyvěšení nosníku je zabráněno pojistnými kolíky“ [7].

Výhody:

- časté řešení
- jednoduchá demontáž a změna polohy.

Nevýhody:

- ve firmě Callidus trading nelze tyto elementy vyrobit-díly by se musely kupovat.

3.6 Výběr varianty

- Regál bude umístěn na nosné konstrukci místnosti.
- Stojan bude držet zátěž od dvou jednotek regálu umístěných paralelně vedle sebe.
- Zajištění nastavitelné výšky bude řešeno přišroubovanými elementy .
- Vlastní konstrukce bude tvořená profily od společnosti Feron, a.s.
- Sloupy regálu budou svařeny a mezi sebou navzájem sešroubovány pomocí tyčí.
- K ramenům budou přišroubovány podpůrné profily dříve nazvané „svařená deska“.



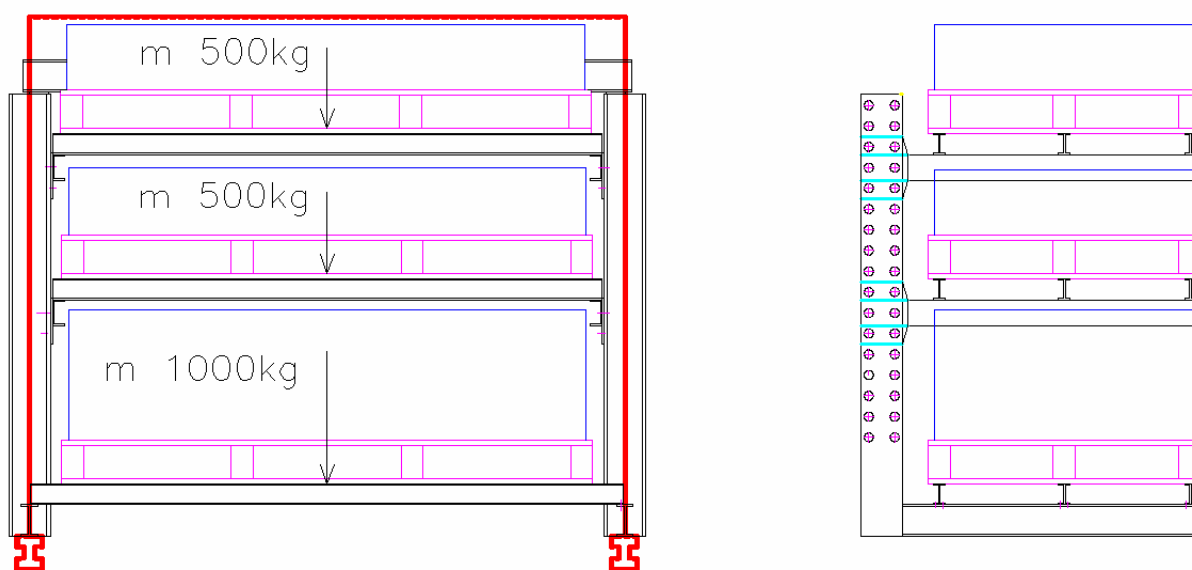
Obr. 16 Ukázka zvoleného řešení [6]

Daná varianta č.2 byla vybrána po konzultaci s přiděleným pracovníkem firmy Callidus trading. Hlavním důvodem je její univerzálnost a předpokládaná nejnižší cena.

4 Konstrukční návrh a výpočty

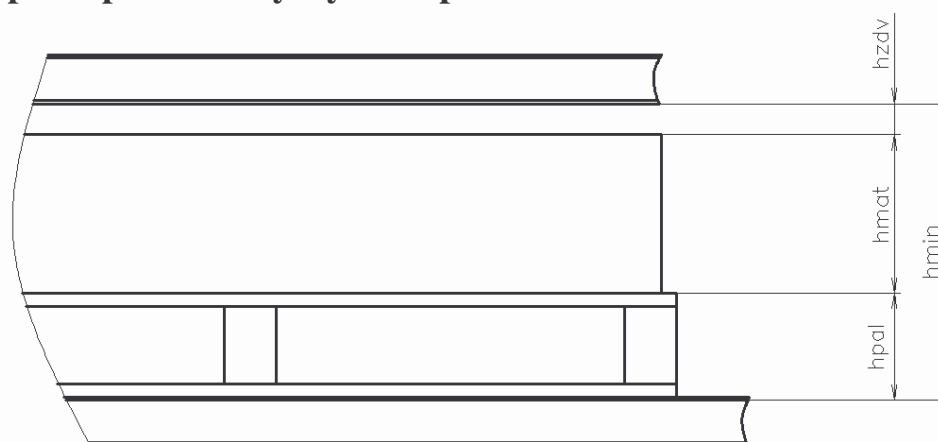
V následující kapitole bude provedena pevnostní kontrola regálu a následně voleny změny ve vlastní konstrukci regálu.

Schéma dané varianty:



Obr. 17 Schéma vybrané varianty

4.1 Výpočet potřebné výšky mezi policemi



Obr. 18 Schéma potřebné výšky mezi policemi

Potřebná výška:

$$h_{\min} = h_{\text{pal}} + h_{\text{mat}} + h_{\text{zdv}} = 170 + 238 + 40 = 448 \text{ mm} \quad (1)$$

h_{zdv} - minimální prostor potřebný pro zdvih palety byl po konzultaci určen 40 mm

h_{pal} - výška palety je 170 mm

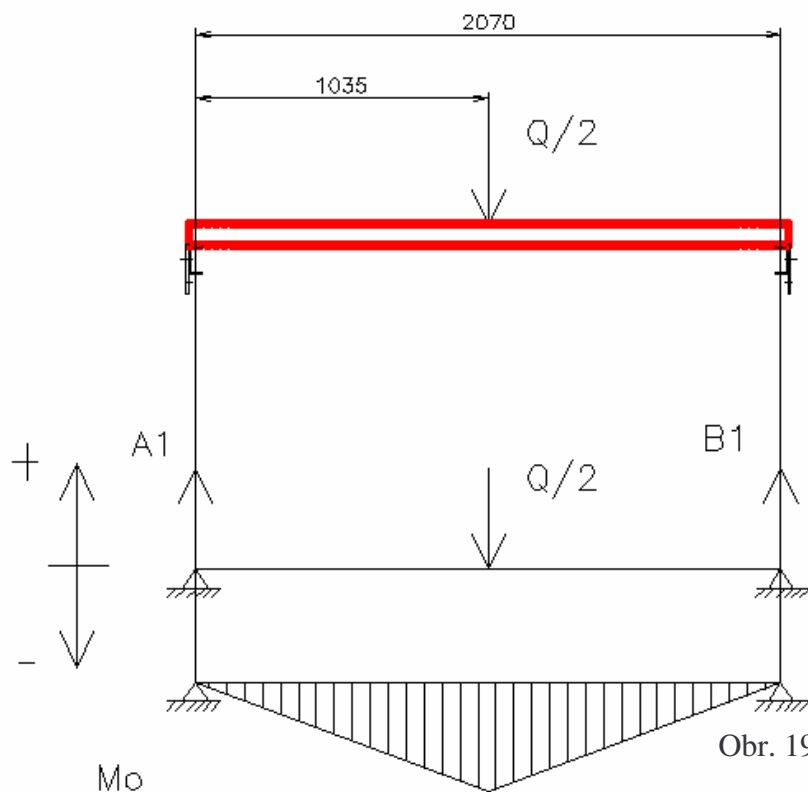
h_{mat} - maximální výška materiálu se určí výpočtem:

$$h_{\text{mat}} = \frac{m}{\rho} \Rightarrow h_{\text{mat}} = \frac{m}{b \cdot l \cdot \rho} = \frac{500}{2 \cdot 1 \cdot 1050} = 0,238 \text{ m} \quad (2)$$

m - maximální hmotnost na jedné poličce (500kg)

ρ - hustota materiálu uloženého na paletě. Hustota je 1050 kg/m^3 (pro mat. HPS) a 1190 kg/m^3 (pro mat. PMMA - plexi). Ve výpočtu volím menší z hodnot (materiál HPS). Materiál je dodáván ve formě desek $2000 \times 1000 \times 2 \text{ mm}$. h_{mat} určuje celkovou výšku desek narovnaných na sebe. Pro poslední paletu je z důvodu dvojnásobného zatížení h_{mat} dvojnásobná.

4.2 Návrh nosného U profilu – profil pod paletou



Obr. 19 Zatížení profilu pod paletou

Výpočet sil:

$$Q = (M + M_{pal}) \cdot g = (500 + 45) \cdot 9,81 = 5346,45N \quad (3)$$

M_{pal} - hmotnost palety zjištěná od dodavatele palety. Dodavatel uvedl hmotnost kolem 40kg. Hmotnost palety může kolísat vlivem rozdílné kvality dřeva, a proto volím pro výpočet hodnotu o pět kilogramů vyšší (45kg)

g - gravitační zrychlení země (9,81 kg/m²)

Jelikož předpokládáme, že síla od zátěže bude působit uprostřed nosníku, bude v obou podporách působit síla poloviční ($Q/4$) opačného směru.

$$A1 = Q / (2 \cdot 2) = 5346,45 / (2 \cdot 2) = 1336,61N \quad (4)$$

$$B1 = Q / (2 \cdot 2) = 5346,45 / (2 \cdot 2) = 1336,61N$$

Výpočet ohybových momentů:

Maximální ohybový moment bude působit dle schématu ve středu nosníku.

$$M_{o \max} = A1 \cdot 1035 = 1336,61 \cdot 1035 = 1383391,35 Nmm \quad (5)$$

Návrh minimálního potřebného profilu:

$$\sigma_{dov} = \frac{M_{o \max}}{W_o} \Rightarrow W_o = \frac{M_{o \max}}{\sigma_{dov}} = \frac{1383391,35}{164,8} = 8394,36 mm^3 \quad (6)$$

σ_{dov} - dovolené napětí v ohybu

$$\sigma_{dov} = \frac{R_m}{k} = \frac{412}{2,5} = 164,8 MPa \quad (7)$$

R_m - mez pevnosti zvoleného materiálu (412MPa)

Volím materiál ocel 11423 s minimální mezí pevnosti 412MPa a tvrdosti maximálně 228HB[9]. Ocel je vhodná pro mírně zatížené součásti a má zaručenou svařitelnost.

k - koeficient bezpečnosti. Z důvodu zanedbání hmotnosti profilů, možnosti nesprávného uložení palety a různých nezahrnutých zatížení, volím koeficient bezpečnosti 2,5.

Volím hutní polotovary z katalogu společnosti Feron, a.s. s vyšším modulem.

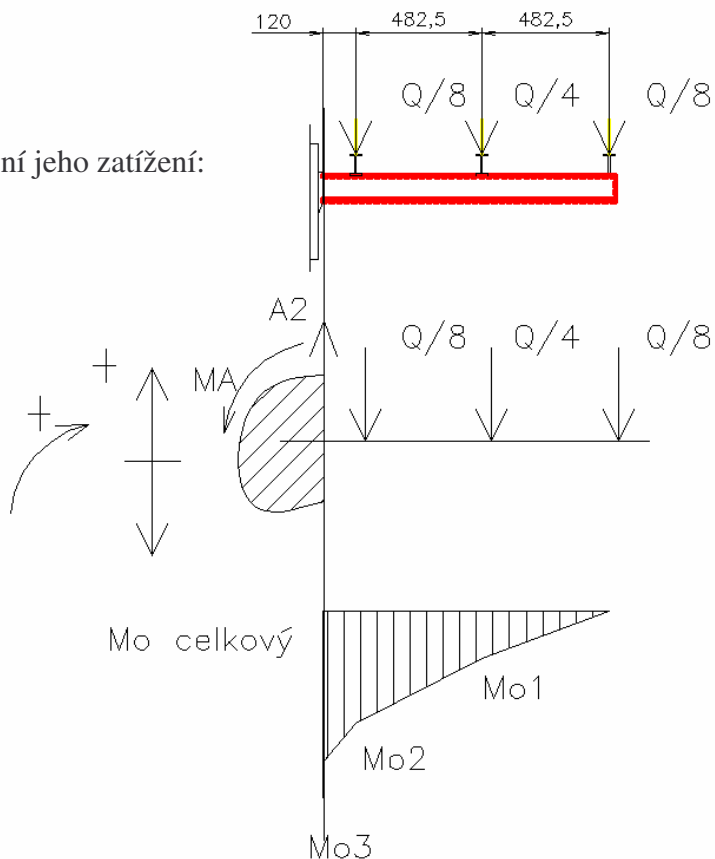
Volím tyč U 50 42 5570-11423 [10].

4.3 Návrh ramene

4.3.1 Návrh U profilu

Schéma ramene a znázornění jeho zatížení:

Výpočtový model:



Obr. 20 Zatížení profilu ramene

Výpočet síly ve vetknutí:

Suma všech sil v ose y se musí rovnat nule.

$$A2 - \frac{Q}{8} + \frac{Q}{4} + \frac{Q}{8} = 0$$

$$A2 = \frac{Q}{8} + \frac{Q}{4} + \frac{Q}{8} = \frac{5346,45}{8} + \frac{5346,45}{4} + \frac{5346,45}{8} = 2673,23N \quad (8)$$

Výpočet momentů:

$$M_{o1} = 482,5 \cdot \frac{Q}{8} = 482,5 \cdot \frac{5346,45}{8} = 322457,77 \text{ Nmm} \quad (9)$$

$$M_{o2} = 482,5 \cdot \frac{Q}{4} + 965 \cdot \frac{Q}{8} = 482,5 \cdot \frac{5346,45}{4} + 965 \cdot \frac{5346,45}{8} = 1289831,06 \text{ Nmm} \quad (10)$$

$$M_{o3} = 120 \cdot \frac{Q}{8} + 602,5 \cdot \frac{Q}{4} + 1085 \cdot \frac{Q}{8} = 120 \cdot \frac{5346,45}{8} + 602,5 \cdot \frac{5346,45}{4} + 1085 \cdot \frac{5346,45}{8} = 1610618,06 \text{ Nmm} \quad (11)$$

Nejvyšší ohybový moment působí v místě vetknutí (přivaření desky na sloup stojanu)
 $M_{o3} = 1610618,06 \text{ Nmm}$.

Minimální rozměry budu dimenzovat k tomuto místu.

Výpočet ohybových momentů:

Maximální ohybový moment bude působit dle schématu v místě přivaření profilu na nosnou plochu. Maximální moment je roven momentu ve vetknutí z předešlého výpočtu ($M_{o3} = 1610618,06 \text{ Nmm}$)

$$M_{o\max} = M_A = M_{o3} = 1610618,06 \text{ Nmm}$$

Návrh minimálního potřebného profilu:

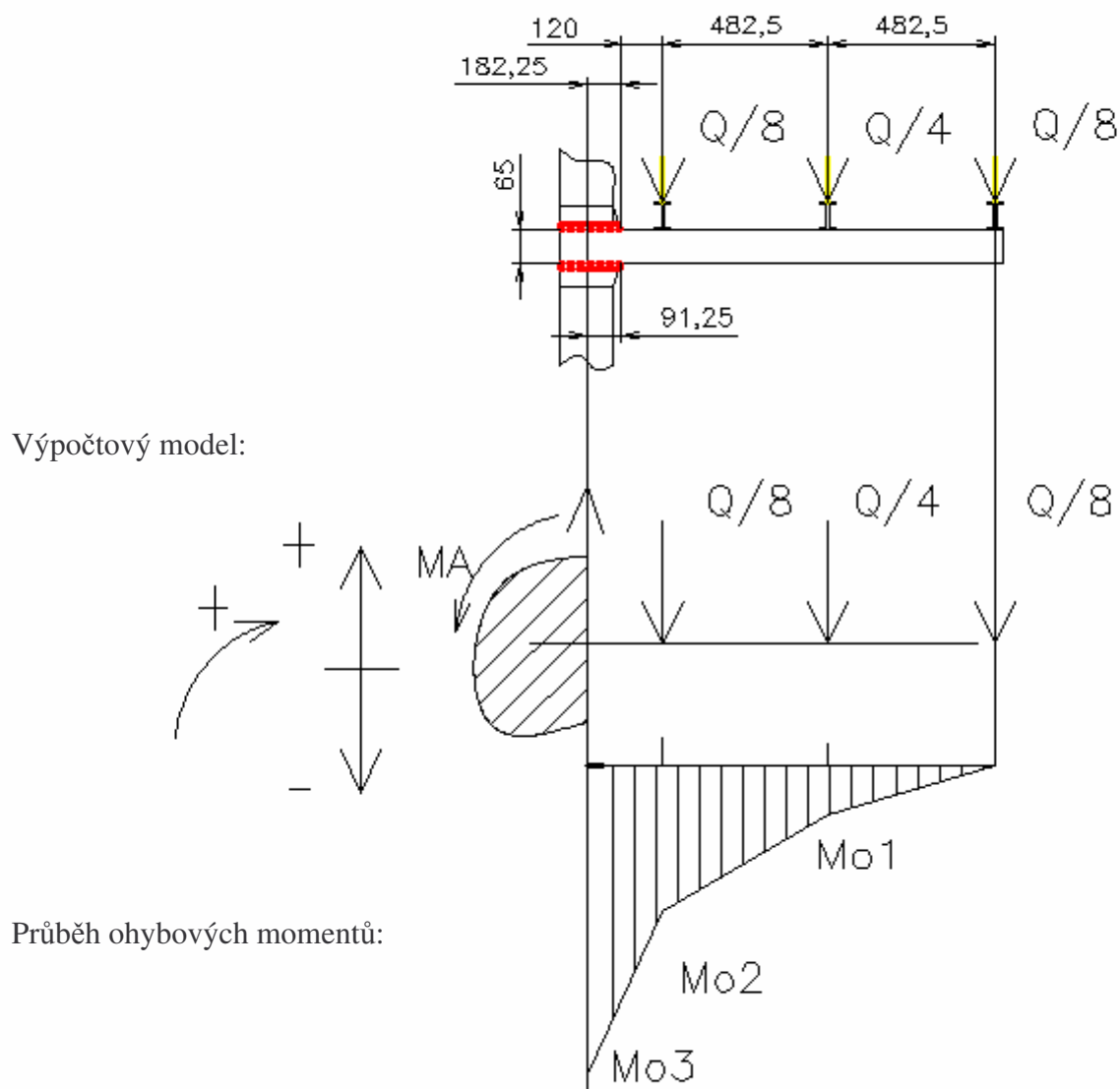
$$\sigma_{dov} = \frac{M_{o\max}}{W_o} \Rightarrow W_o = \frac{M_{o\max}}{\sigma_{dov}} = \frac{1610618,06}{164,8} = 9773,16 \text{ mm}^3 \quad (12)$$

Volím hutní polotovary z katalogu společnosti Feron, a.s.[10] s vyšším modulem.

Volím hutní polotovar U 100 ČSN 42 5570-11 423.0, kde $W_o = 41200 \text{ mm}^3$.

4.3.2 Návrh a kontrola svaru

Znázornění svaru a jeho zatížení:



Obr. 21 Schéma zatížení svaru

Účinkem sil je svar namáhán současně krutem a posouvající silou.

Volba výpočtové výšky svaru:

Volím jí v závislosti na nejmenší tloušťce svařovaných součástí.

$$a \approx (0,5 \div 0,7) \cdot s_{\min} = 0,6 \cdot 5,5 = 3,3 \text{ mm} \quad (13)$$

s_{\min} – minimální tloušťka stěny 5,5mm

Volím rozměr $a = 3,5 \text{ mm}$.

Napětí od ohybového momentu:

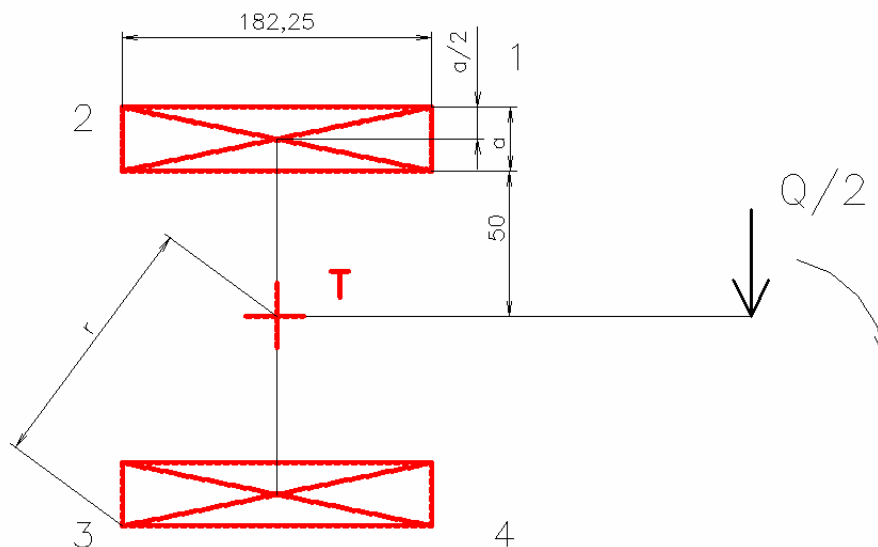
$$\tau_{MK} = \frac{M_k}{W_k} = \frac{M_k}{\frac{J_{svx}}{r}} = \frac{1855218,15}{\frac{3416927,23}{105,67}} = 57,37 \text{ MPa} \quad (14)$$

 M_k - maximální ohybový moment v místě svaru:

$$\begin{aligned} M_k &= (120 + 91,5) \cdot \frac{Q}{8} + (602,5 + 91,5) \cdot \frac{Q}{4} + (1085 + 91,5) \cdot \frac{Q}{8} = \\ &= (120 + 91,5) \cdot \frac{5346,45}{8} + (602,5 + 91,5) \cdot \frac{5346,45}{4} + (1085 + 91,5) \cdot \frac{5346,45}{8} = 1855218,15 \text{ Nmm} \end{aligned} \quad (15)$$

 J_{svx} - celkový moment setrvačnosti:

Vypočtu dílčí momenty setrvačnosti a pak moment celkový. Musím použít Steinerovu větu.

Schéma:

Obr. 22 Schéma svarových ploch

Moment setrvačnosti první plochy – J_1 :

$$J_{1D} = \frac{1}{12} \cdot a^3 \cdot 182,25 = \frac{1}{12} \cdot 3,5^3 \cdot 182,25 = 194,5 \text{ mm}^4 \quad (16)$$

$$S_1 = a \cdot 182,25 = 3,5 \cdot 182,25 = 637,875 \text{ mm}^2 \quad (17)$$

$$J_1 = J_{1D} + S_1 \cdot \left(50 + \frac{a}{2}\right)^2 = 194,5 + 637,875 \cdot \left(50 + \frac{3,5}{2}\right)^2 = 1708463,62 \text{ mm}^4 \quad (18)$$

Celkový moment setrvačnosti svarového spojení – J_{svx} :

$$J_c = 2 \cdot J_1 = 2 \cdot 748461,7 = 3416927,23 \text{ mm}^4 \quad (19)$$

Vzdálenost nejzatíženějšího místa svaru (nejvzdálenějšího od těžiště):

$$r = \sqrt{\left(\frac{100}{2} + a\right)^2 + \left(\frac{182,25}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{100}{2} + 3,5\right)^2 + \left(\frac{182,25}{2}\right)^2} = 105,67 \text{ mm} \quad (20)$$

Napětí od posouvající síly:

$$\tau_{\perp} = \frac{\frac{Q}{2}}{S_1} = \frac{\frac{5346,45}{2}}{2 \cdot 637,875} = 2,095 \text{ MPa} \quad (21)$$

Výsledná napětí ve svaru:

$$\tau_s^{MK} = \frac{\tau_{MK}}{k_3} = \frac{57,37}{0,75} = 76,5 \text{ MPa} \quad (22)$$

$$\tau_s^F = \frac{\tau_{\perp}}{k_3} = \frac{2,095}{0,75} = 2,793 \text{ MPa} \quad (23)$$

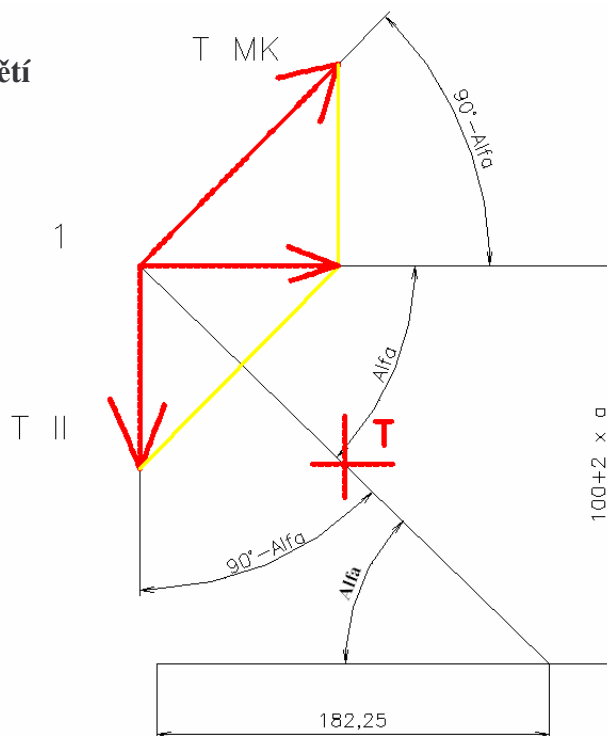
k_3 a k_4 jsou převodní součinitele podle ČSN 05 0120 (viz. tabulka č.1)

Tabulka č. 1 - Převodní součinitelé podle ČSN 05 0120 [8]

Koutový svar		Součinitele pro různé svařování		
		El.oblounk	Tavidlo	Jednovrstvé
čelní	k_3	0,75	0,90	1,0
boční	k_4	0,65	0,80	0,90

Výpočet výsledného napětí

Schéma:



Obr. 23 Znáznornění sil působících na svary

Výpočet úhlu:

$$\alpha = \arctg \frac{100 + 2 \cdot 3,5}{182,25} = 30,42^\circ \quad (24)$$

Největší tečné napětí:

$$\begin{aligned} \tau_{\max} &= \sqrt{(\tau_s^F)^2 + (\tau_s^{MK})^2 - 2 \cdot \tau_s^F \cdot \tau_s^{MK} \cdot \cos(90 - \alpha + 90 - \alpha + \alpha)} = \\ &= \sqrt{(2,739)^2 + (76,5)^2 - 2 \cdot 2,739 \cdot 76,5 \cdot \cos(90 - 30,42 + 90 - 30,42 + 30,42)} = 78,7 \text{ MPa} \end{aligned} \quad (25)$$

Pevnostní podmínka (redukované napětí):

$$\sigma_{red} \leq \beta \cdot \frac{R_e}{k_s} = 1,12 \cdot \frac{177}{2,5} = 79,3 \text{ MPa} \quad (26)$$

β -součinitel tloušťky koutového svaru. Pro tloušťku stěny menší než deset milimetrů:

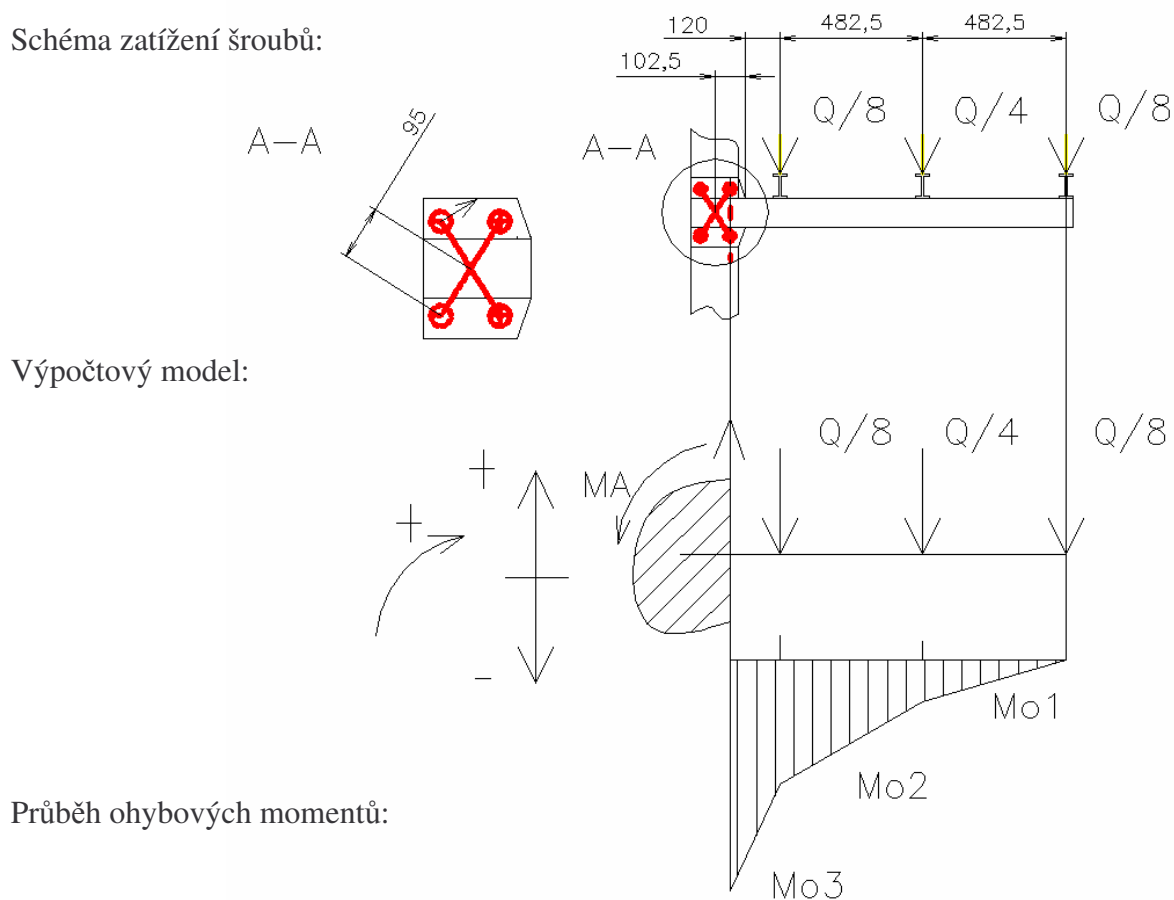
$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot S_{\min} = 1,3 - 0,03 \cdot 6 = 1,12 \text{ mm} \quad (27)$$

R_e - mez kluzu. Pro daný materiál (ocel 11 423) se pohybuje dle strojnických tabulek [9] v rozmezí od 177 do 441 MPa. Pro výpočet volím nejnižší mez - 177 MPa.

k_s - bezpečnost svaru. Volím ze stejných důvodů jako v předcházejících výpočtech 2,5. Redukované napětí ve svaru je menší než-li napětí maximální-svar vyhovuje.

4.4 Návrh šroubového spoje

Schéma zatížení šroubů:



Obr. 24 Schéma zatížení šroubů

Síla od ohybového momentu:

Celková síla je rovna součtu posouvající síly a síly vyvolané ohybovým momentem.

$$F_{poh} = \frac{(120 + 102,5) \cdot \frac{Q}{8} + (602,5 + 102,5) \cdot \frac{Q}{4} + (1085 + 102,5) \cdot \frac{Q}{8}}{95} =$$

$$= \frac{(120 + 102,5) \cdot \frac{5346,45}{8} + (602,5 + 102,5) \cdot \frac{5346,45}{4} + (1085 + 102,5) \cdot \frac{5346,45}{8}}{95} = 19838,14 N$$

(28)

Celková síla na jeden šroub:

$$F_{cel} = \frac{F_{poh}}{i} + \frac{Q}{i} = \frac{19838,14}{4} + \frac{5346,45}{4} = 5627,84N \quad (29)$$

Potřebná osová síla:

$$F_{ol} = \frac{F_{cel} \cdot k}{f} = \frac{5627,84 \cdot 3}{0,15} = 112556,8N \quad (30)$$

k - koeficient bezpečnosti prokluzu spojovaných částí. Volím 3.

f - součinitel smykového tření (pro Ocel/Ocel je v rozmezí 0,15-0,20). Z důvodu neznalosti provozních podmínek volím 0,15 dle strojnických tabulek [9].

Návrh šroubu pomocí přídatného koeficientu β_k

Volím šroub pevnosti 8.8 standardně používaný pro konstrukci regálu.

Mez kluzu:

$$R_e = 8 \cdot 100 = 800MPa \quad (31)$$

Mez pevnosti:

$$R_e = 8 \cdot 8 \cdot 10 = 640MPa \quad (32)$$

Dovolené napětí:

$$\sigma_{dov} = \frac{R_e}{k_s} = \frac{640}{2} = 320MPa \quad (33)$$

k_s - koeficient statické bezpečnosti. Volím 2.

Volba průměru:

$$\sigma_{red} \cdot \beta_k = \sigma_{dov}$$

$$d_3 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_{ol} \cdot \beta_k}{\pi \cdot \sigma_{dov}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 112556,8 \cdot 1,4}{\pi \cdot 320}} = 25,04mm \quad (34)$$

β_k – koeficient přídatného krutu. Zvolen 1,4 z intervalu (1,3-1,5).

Dle strojnických tabulek [9] volím: ŠROUB M30x55 ISO 4014-8.8

Úhel stoupání závitu:

$$\gamma = \arctg\left(\frac{P_h}{\pi \cdot d_2}\right) = \arctg\left(\frac{3,5}{\pi \cdot 27,727}\right) = 2,300^\circ \quad (35)$$

P_h – stoupání závitu šroubu M 30 zjištěné dle strojnických tabulek [9] 3,5mm

Úhel tření závitu:

$$\varphi' = \arctg\left(\frac{f_z}{\cos \frac{\beta}{2}}\right) = \arctg\left(\frac{0,2}{\cos \frac{60^\circ}{2}}\right) = 13,004^\circ \quad (36)$$

β - úhel závitu matice pro standardní metrický závit

f_z - součinitel smykového tření na metrickém závitu. Volím šroub bez povrchové úpravy a závity nemazány. Volím $f_z=0,2$.

Tabulka č. 2 – Příklady hodnot součinitele smykového tření na metrickém závitu [8]

f_z	povrchová úprava šroubu	závity mazány
0,19 až 0,36	žádná	ne
0,16 až 0,24		olejem
0,12 až 0,18		pastou MoS ₂
0,28 až 0,40	fosfátový	ne
0,17 až 0,30		olejem
0,13 až 0,17		pastou MoS ₂
0,10 až 0,185	kadmiovaný	ne
0,10 až 0,17		olejem
0,13 až 0,17		pastou MoS ₂

Pevnostní kontrola na redukované napětí metodou HMM

Normálové napětí:

$$\sigma_t = \frac{F_o}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} = \frac{112556,8}{\frac{\pi \cdot 25,706^2}{4}} = 216,88 \text{ MPa} \quad (37)$$

Tečné napětí:

$$\tau = \frac{M_z}{W_k} = \frac{F_o \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi')}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{16}} = \frac{112556,8 \cdot \frac{27,727}{2} \cdot \operatorname{tg}(2,3^\circ + 13,004^\circ)}{\frac{\pi \cdot 25,706^3}{16}} = 128 \text{ MPa} \quad (38)$$

Redukované napětí:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_t^2 + 3 \cdot \tau^2} = \sqrt{216,8^2 + 3 \cdot 128^2} = 310,08 \text{ MPa} \quad (39)$$

Redukované napětí (310,08MPa) je menší než napětí dovolené (320MPa).

Spoj vyhovuje.

Požadovaný utahovací moment:

$$M_u = M_z \cdot M_m = F_o \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \varphi') + \frac{F_o \cdot f_m \cdot d_s}{2} = \quad (40)$$

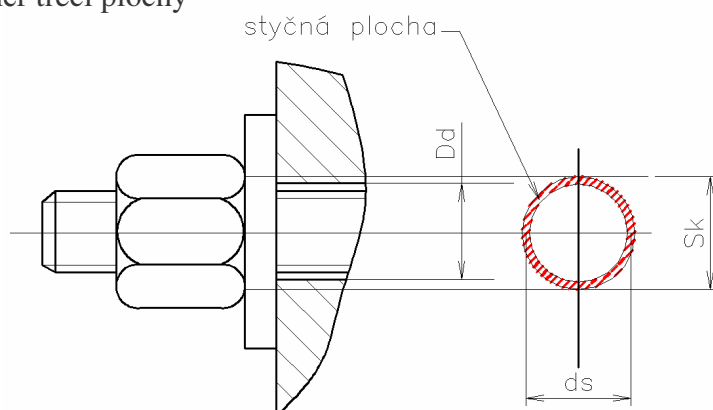
$$M_u = 112556,8 \cdot \frac{27,727}{2} \cdot \operatorname{tg}(2,3^\circ + 13,004^\circ) + \frac{27,727 \cdot 0,15 \cdot 39,5}{2} = 427084,9 \text{ Nmm}$$

M_z - moment tření v závitech

M_m - tření pod hlavou šroubu a maticí

f_m - součinitel tření pod maticí. Volím (pro Ocel/Ocel je v rozmezí 0,15-0,20) z důvodu neznalosti provozních podmínek 0,15 dle strojnických tabulek [9].

d_s – střední průměr třecí plochy



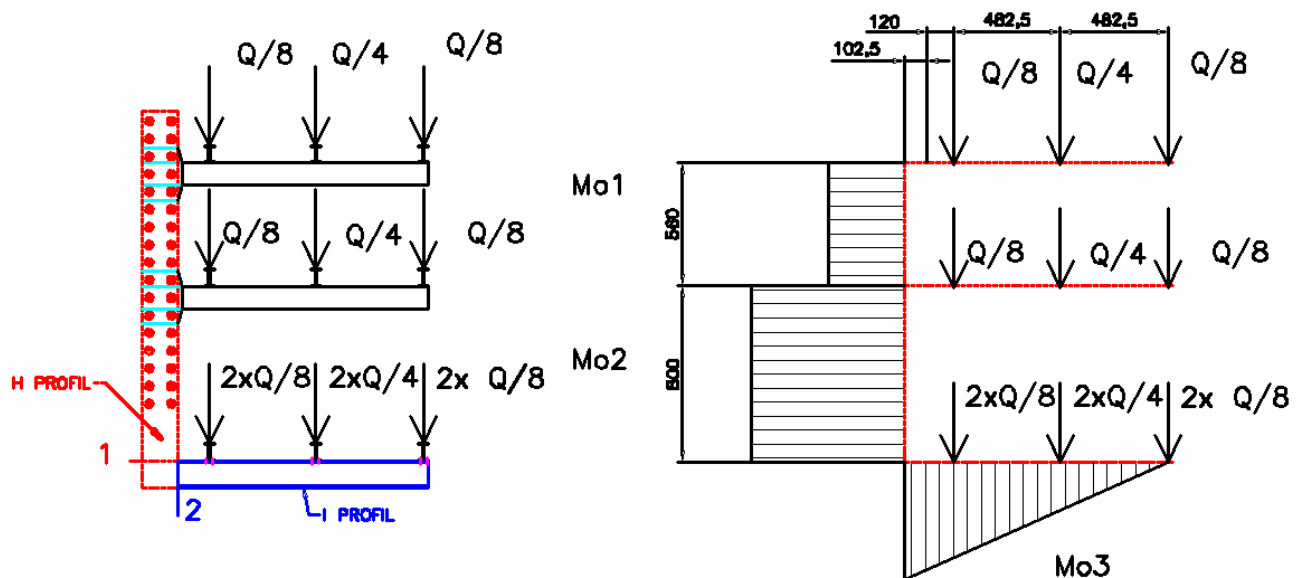
Obr. 25 Plocha přenosu síly

$$d_s = \frac{D_d + S_k}{2} = \frac{33 + 46}{2} = 39,5 \text{ mm} \quad (41)$$

S_k - rozměr pro klíč. Pro průměr šroubu M30 je dle strojnických tabulek $S_k = 46 \text{ mm}$.

D_d -rozměr díry pro šroub. Pro šroub M30 je dle strojnických tabulek [9] 33mm (volím střední řadu díry).

4.5 Kontrola stojanu



Obr. 26 Schéma zatížení stojanu

4.5.1 Kontrola H profilu (sloupek)

Budu kontrolovat zvolený hutní profil HEB 160 s průřezovým modulem v ohybu kolem osy y $W_o = 111000 \text{ mm}^3$ a plochou průřezu $S = 5430 \text{ mm}^2$. Musím počítat dvojnásobnou sílu a momenty. Sloupek nese zátěž od dvou jednotek regálu.

Tlak:

$$\sigma_F = \frac{\left(\frac{Q}{8} + \frac{Q}{4} + \frac{Q}{8}\right) \cdot 4}{S} = \frac{Q \cdot 2}{S} = \frac{5346,45 \cdot 2}{5430} = 1,969 \text{ MPa} \quad (42)$$

Napětí od ohybového momentu:

$$\sigma_{oh} = \frac{M_{o \max}}{W_o} = \frac{3769247,25 \cdot 2}{111000} = 67,914 \text{ MPa} \quad (43)$$

Maximální ohybový moment:

$$\begin{aligned} M_{o1} &= M_{o2} \\ M_{o \max} &= 2 \cdot M_{o1} = 2 \cdot \left[(120 + 102,5) \cdot \frac{Q}{8} + (602,5 + 102,5) \cdot \frac{Q}{4} + (1085 + 102,5) \cdot \frac{Q}{8} \right] = \\ &= 2 \cdot \left[(120 + 102,5) \cdot \frac{5346,45}{8} + (602,5 + 102,5) \cdot \frac{5346,45}{4} + (1085 + 102,5) \cdot \frac{5346,45}{8} \right] = 3769247,25 \text{ Nmm} \end{aligned} \quad (44)$$

Celkové napětí:

$$\sigma_{red} = \sigma_F + \sigma_{OH} = 1,969 + 67,914 = 69,88 \text{ MPa} \quad (45)$$

Kontrola profilu:

$$\sigma_{dov} = \frac{R_m}{k} = \frac{412}{2,5} = 164,8 \text{ MPa} \quad (46)$$

R_m - mez pevnosti materiálu 11 423

k - bezpečnost volím 2,5 jako v předešlých částech stojanu

Redukované napětí je menší než napětí dovolené - zvolený profil vyhovuje.

4.5.2 Návrh profilu I (noha)

Do nohy se přenese ohybový moment od závaží viz předešlý výpočet.

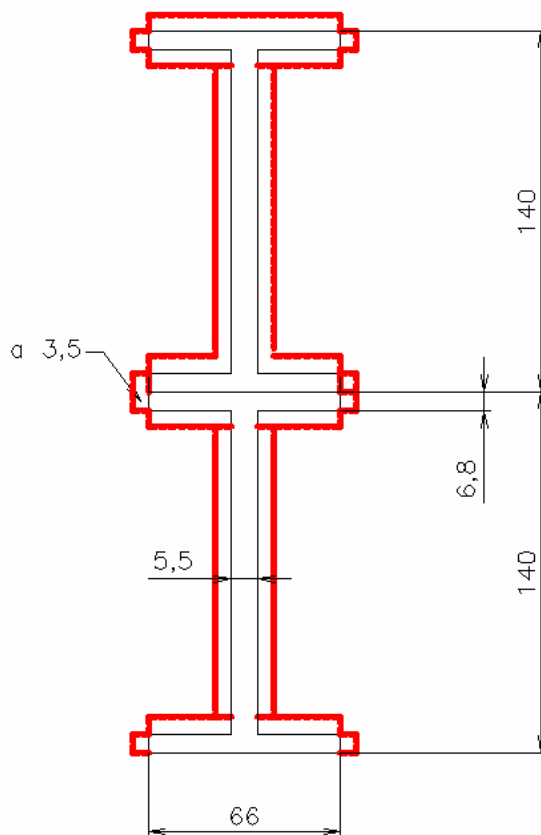
Napětí od ohybového momentu:

$$\sigma_{dov} = \frac{M_{o \max}}{W_o} \Rightarrow W_o = \frac{M_{o \max}}{\sigma_{dov}} = \frac{3769247,25 \cdot 2}{164,8} = 45743,29 \text{ mm}^3 \quad (47)$$

Z katalogu Feron a.s. [10] volím tyč I 140 ČSN 42 5553- 11 423, kde $W_o = 53000 \text{ mm}^3$.

4.5.3 Návrh a kontrola svaru

Schéma:



Obr. 27 Schéma svaru

Koutový svar budeme zjednodušeně počítat pouze na smyk. S nosnou částí „a“. Z důvodu značných ohybových momentů v místě svaru jsem přivařil žebro tloušťky 10mm. Tloušťka žebra s ohledem na výrobu odpovídá tloušťce desky přivařené na rameno regálu.

Volba výpočtové výšky svaru:

Volím ji v závislosti na nejmenší tloušťce svařovaných součástí.

$$a \approx (0,5až0,7) \cdot s_{\min} = 0,6 \cdot 6,3 = 3,78mm \quad (48)$$

s_{\min} – minimální tloušťka stěny 6mm

Volím rozměr $a = 3,5mm$.

Napětí od ohybového momentu

$$\tau_{\perp} = \frac{M_{o\max}}{W_{oSvx}} = \frac{M_{o\max} \cdot 2}{J_{svx}} = \frac{7538495}{\frac{16976486}{104,14}} = 46,24 MPa \quad (49)$$

$M_{o\max}$ - maximální ohybový moment v místě svaru

Ohybový moment v místě svaru je roven maximálnímu ohybovému momentu z místa jedna $M_{o\max} = 3769247,25$ (zdvojnásobený).

J_{svx} - moment setrvačnosti

V programu IVENTOR byly zjištěny následující hodnoty:

Těžiště svarové plochy: $X=33\text{mm}$ $Y=137,6\text{mm}$

Vzdálenost nejzazšího bodu: $104,14\text{mm}$

Moment setrvačnosti kolem osy x $J_{svx} = 16976486 \text{ mm}^4$

Výsledná napětí ve svaru:

$$\tau_s^{MK} = \frac{\tau_{MK}}{k_3} = \frac{46,24}{0,75} = 61,66 MPa \quad (50)$$

k_3 je převodní součinitel podle ČSN 05 0120 - viz tabulka č.1

Pevnostní podmínka:

$$\sigma_{red} \leq \beta \cdot \frac{R_e}{k_s} = 1,12 \cdot \frac{177}{2,5} = 79,3 MPa \quad (51)$$

β - součinitel tloušťky koutového svaru

Pro tloušťku stěny menší než deset milimetrů:

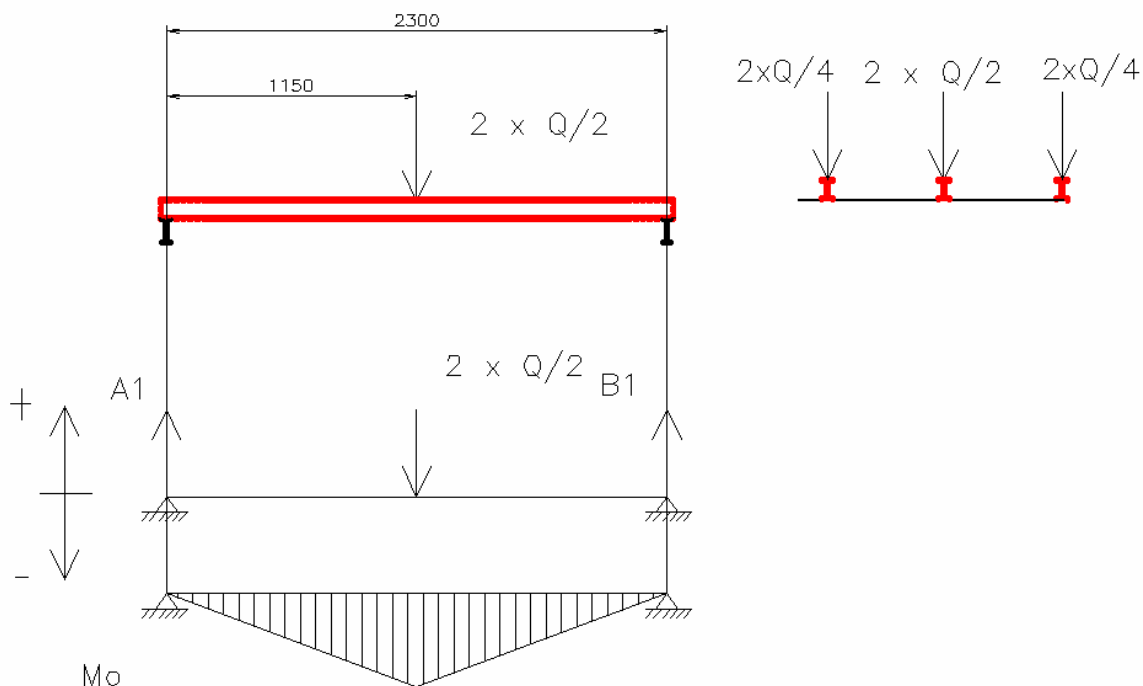
$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot S_{\min} = 1,3 - 0,03 \cdot 6 = 1,12 mm \quad (52)$$

R_e -mez pevnosti. Pro daný materiál (ocel 11 423) se pohybuje dle strojnických tabulek [9] v rozmezí od 177 do 441MPa. Pro výpočet volím nejnižší mez - 177MPa.

k_s - bezpečnost svaru, volím ze stejných důvodů jako v předcházejících výpočtech 2,5.

Redukované napětí ve svaru je menší než-li napětí dovolené - svar vyhovuje.

4.6 Návrh nosného I profilu



Obr. 28 Schéma profilu pod paletou s dvojnásobnou hmotností

Výpočet sil:

$$Q_2 = Q \cdot 2 = 5346,45 \cdot 2 = 10693,1N \quad (53)$$

Jelikož předpokládáme, že síla od zátěže bude působit uprostřed nosníku, bude v obou podporách působit síla poloviční $Q/2$ opačného směru.

$$A = Q / (2 \cdot 2) = 10693,1 / (2 \cdot 2) = 2673,28N \quad (54)$$

$$B = Q / (2 \cdot 2) = 10693,1 / (2 \cdot 2) = 2673,28N$$

Výpočet ohybových momentů:

Maximální ohybový moment bude působit dle schématu ve středu nosníku.

$$M_{o \max} = A1 \cdot 1150 = 2673,28 \cdot 1150 = 3074266,25Nmm \quad (55)$$

Návrh minimálního potřebného profilu:

$$\sigma_{dov} = \frac{M_{o \max}}{W_o} \Rightarrow W_o = \frac{M_{o \max}}{\sigma_{dov}} = \frac{3074266,25}{164,8} = 18654,528mm^3 \quad (56)$$

σ_{dov} - dovolené napětí v ohybu podle (7).

Volím hutní polotovary z katalogu společnosti Feron, a.s. [10] s vyšším modulem.
Volím tyč I 80 ČSN 42 5553- 11 423.

4.7 Ekonomický propočet nákladů

Celkový rozpis nákladů na regálovou jednotku je uvedený v příloze č. 2.

Celkové náklady na materiál: 11.196,91 Kč

Celkové náklady na práci: 700,00 Kč

Celkové náklady na regálovou jednotku: 11.896,91 Kč

Celkové náklady na tři regálové jednotky umístěné vedle sebe: 31.540,33 Kč.

(V nákladech na prostřední jednotku nejsou zahrnuty modře vyznačené položky).

5 Závěr

V bakalářské práci byl sestaven přehled problematiky spojené s úschovou materiálu v regálech a podrobný přehled regálových systémů. Z daných variant byla vybrána podle mého názoru nejlevnější a nejuniverzálnější dle zadaných požadavků. K této variantě byla vytvořena výkresová a výpočetní dokumentace. Dosažené výsledky jsou formulovány v ekonomickém rozboru a popisu zařízení.

Popis zařízení:

Dané zařízení je z důvodu zanedbání hmotnosti ramen, možnosti nesprávného uložení palety a možnosti jednorázového přetížení navrženo s bezpečností 2.5. Pohyb ramen je možný v rozmezí od 420mm do 1640mm vždy s roztečí 80mm. Šrouby nutno dotáhnout utahovacím momentem 427084,9Nmm. Rozměry regálové jednotky jsou 1800 x 1300 x 2460, hmotnost je 341,564kg, odhadovaná cena je asi 11.896,91 Kč na regálovou jednotku.

6 Použitá literatura a elektronické dokumenty

- [1] Dražan F., Jeřábek K.: *Manipulace s materiálem*. SNTL/ALFA 1.vydání Praha.1979.
- [2] ČSN ISO 445 (26 9006) – Palety pro manipulaci s materiálem – Slovník, Praha 1998
Dostupné na: [www.technicke-normy-csn.cz/inc/nahled_normy.php?norma=\(269006\)-CSN-ISO-445&kat=51309](http://www.technicke-normy-csn.cz/inc/nahled_normy.php?norma=(269006)-CSN-ISO-445&kat=51309)
- [3] ČSN 26 9505 – Regály. Názvosloví a rozdělení. Praha 1981.
- [4] http://www.proman.cz/kestazeni/cz/paletove_regaly.pdf
- [5] http://www.schudky.cz/paletove-regaly-paletove-regaly-lehke-c-188_169_144.html
- [6] <http://www.kredit.cz/regaly/konzolove-regaly/konzolove-regaly>
- [7] <http://www.storebusiness.cz/store.htm>
- [8] Kaláb K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře, části spojovací*.1.vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1290-8.
- [9] Leinveber J., Řasa J., Vávra P.: *Strojírenské tabulky*. 3.dopl. vyd. Scientia Praha, 1999, ISBN 80-7183-164-6.
- [10] Katalog společnosti Feron, a.s
<http://www.ferona.cz/cze/katalog/search.php?kat=1>
- [11] Němček M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů, spoje* .2.vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava , 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.
- [12] Dejl Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I: Spojovací části strojů. Návrh,výpočet, konstrukce*. 1.vydání. Montanex a.s., Ostrava,2000, ISBN 80-7225-018-3.

Použité vzorce

- [8] Kaláb K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře, části spojovací*.1.vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1290-8.
Vzorce číslo: 13,28,29,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,48,49,50,51,52.
- [11] Němček M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů, spoje* .2.vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava , 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.
Vzorce číslo: 14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27.

7 Seznam obrázků

Obr. 1	Prvky regálové konstrukce	13
Obr. 2	Fotodokumentace místnosti a palet s materiálem	16
Obr. 3	Schéma unimobuňky	16
Obr. 4	Nákres vozíku	17
Obr. 5	Fotografie používaného vozíku	17
Obr. 6	Nákres firemní palety	18
Obr. 7	Schéma první varianty	19
Obr. 8	Schéma druhé varianty	20
Obr. 9	Schéma třetí varianty	21
Obr. 10	Schéma čtvrté varianty	22
Obr. 11	Průřez unimobuňkou	23
Obr. 12	Schéma variant	24
Obr. 13	Uchycení pomocí děr	24
Obr. 14	Uchycení pomocí přišroubovaných elementů	25
Obr. 15	Uchycení pomocí zubů - tvarové spojení.....	26
Obr. 16	Ukázka zvoleného řešení	27
Obr. 17	Schéma vybrané varianty	28
Obr. 18	Schéma potřebné výšky mezi policemi	28
Obr. 19	Zatížení profilu pod paletou	29
Obr. 20	Zatížení profilu ramene	31
Obr. 21	Schéma zatížení svaru	33
Obr. 22	Schéma svarových ploch	34
Obr. 23	Znázornění sil působících na svary	36
Obr. 24	Schéma zatížení šroubů	37
Obr. 25	Plocha přenosu síly	40
Obr. 26	Schéma zatížení stojanu	41
Obr. 27	Schéma svaru	43
Obr. 28	Schéma profilu pod paletou s dvojnásobnou hmotností	45

8 Seznam příloh

Příloha č. 1 - Podrobné schéma unimobuňky

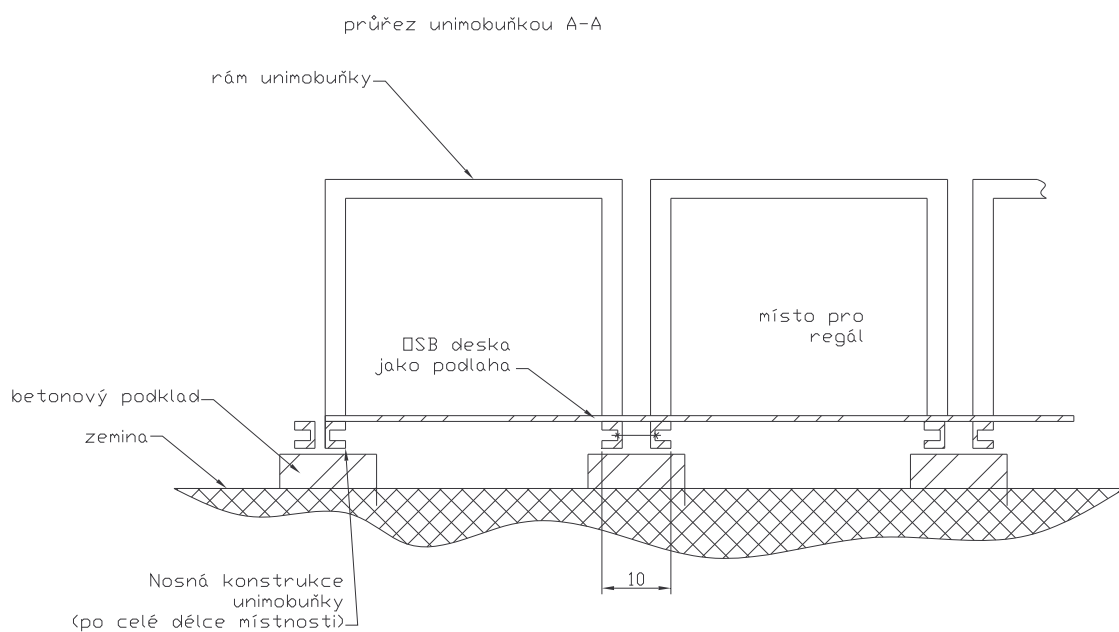
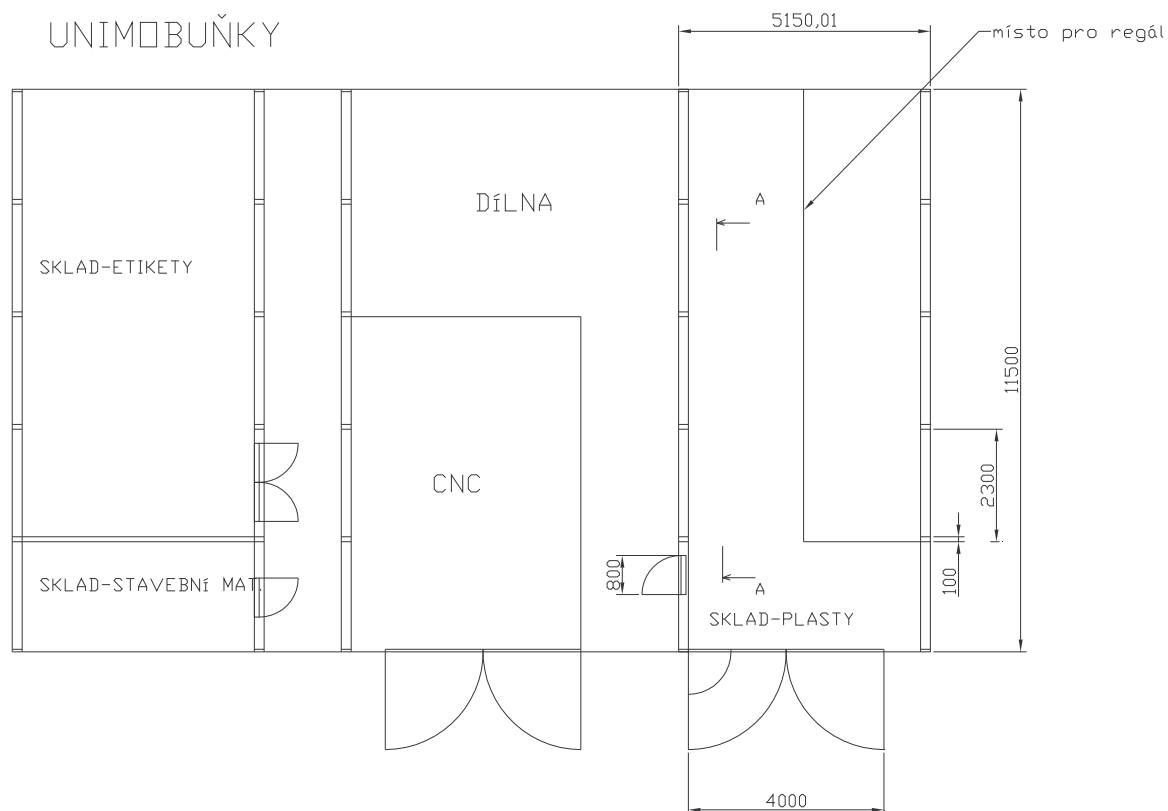
Příloha č. 2 - Ekonomický propočet nákladů na regálovou jednotku

Příloha č. 3 – Sestavný výkres

9 Seznam tabulek

Tabulka č. 1 - Převodní součinitelé podle ČSN 05 0120

Tabulka č. 2 - Příklady hodnot součinitele smykového tření na metrickém závitu



Ekonomický propočet nákladů na regálovou jednotku

Druh materiálu	Množství	Délka 1 ks	Náklady /m	Náklady celkem
Tyč U 50	6 ks	2300 mm	129,91 Kč	1.792,76 Kč
Tyč U 100	4 ks	2300 mm	149,00 Kč	1.370,80 Kč
Tyč I 140	2 ks	1500 mm	286,40 Kč	859,20 Kč
Tyč I 120	3 ks	2300 mm	255,97 Kč	1.766,19 Kč
Tyč H EB 160	2 ks	1700 mm	968,00 Kč	3.291,20 Kč
Tyče na vyztužení Trubka bezešvá hladká kruhová, ČSN 42 5715,01,rozměr 28x4	3 ks	2200 mm	107,26 Kč	707,92 Kč
Široká ocel válcovaná za tepla – DIN 59200 (A) rozměr 220x10	860 mm		591,67 Kč	508,84 Kč
šrouby M 30 třídy 8.8, matice, podložky	16 ks			500,00 Kč
Šrouby M 10, matice, podložky	18 ks			250, 00 Kč
Elektrody na svaření				150,00 Kč
Práce zámečníka – 100 Kč/hod. Vyvrtání 64 x díra 32 mm (3 hodiny), vyvrtání 18 x díra 12 mm na rámu a ramenech (1 hodina), svaření rámu a ramene, (1 hodina), vlastní montáž a ustavení (2 hodiny)	7 hod			700,00 Kč

